



(21) 申請案號：112108325

(22) 申請日：中華民國 112 (2023) 年 03 月 07 日

(51) Int. Cl. :

*B32B5/10 (2006.01)**B32B7/02 (2019.01)**B32B27/02 (2006.01)**H02K3/34 (2006.01)**C08J7/00 (2006.01)*

(30) 優先權：2022/03/08

日本

2022-035082

(71) 申請人：日商可樂麗股份有限公司 (日本) KURARAY CO., LTD. (JP)

日本

(72) 發明人：井上由輝 INOUE, YUKI (JP)；勝谷郷史 KATSUYA, SATOSHI (JP)；角振将平

TSUNOFURI, SHOHEI (JP)

(74) 代理人：林志剛

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：21 項 圖式數：9 共 80 頁

(54) 名稱

絕緣材及絕緣薄片

(57) 摘要

本發明的目的在於提供可將導電材絕緣並固定之絕緣材。一種絕緣材(10)，係用來將導電材(6、8)進行絕緣，前述絕緣材(10)用以固定前述導電材，包含至少 1 個絕緣層、和至少 1 個空隙層，前述至少 1 個空隙層以熱可塑性樹脂和複數個強化纖維構成，在前述複數個強化纖維之間形成有空隙，

絕緣材中的空隙層所具有的空隙率 $Y[\%]$ 、與絕緣材中的絕緣層的厚度 $X[\mu\text{m}]$ 符合下述的式子(1)：

$$0.01 \leq Y/X \leq 4.75 \quad (1)$$

。

Provided is an insulating material capable of insulating and fixing an electroconductive material. An insulating material (10) insulating an electroconductive material (6, 8), wherein the insulating material (10) comprises at least one insulating layer and at least one void-containing layer, and fixes the electroconductive material. The at least one void-containing layer comprises a thermoplastic polymer and a plurality of reinforcing fibers, in which voids are interposed between the reinforcing fibers. The insulating material satisfies the following formula (1):

$$0.01 \leq Y/X \leq 4.75 \quad (1)$$

wherein Y means a void percent of the void-containing layer in the insulating material; X means a thickness of the insulating layer in the insulating material.

指定代表圖：

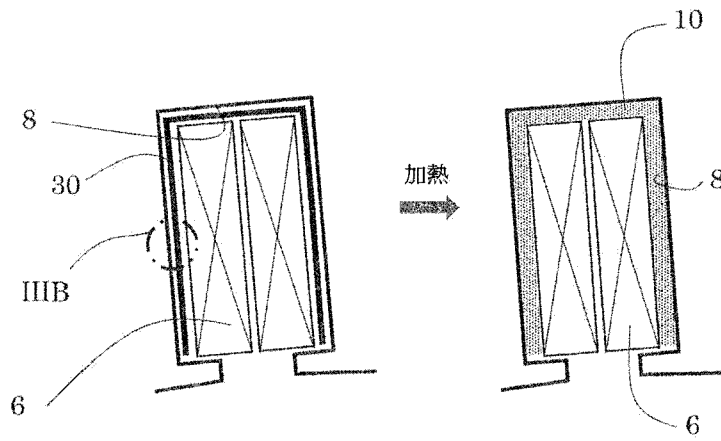
符號簡單說明：

6:線圈

8:槽部

10:絕緣材

30:絕緣薄片



【圖 3A】

【發明摘要】

【中文發明名稱】

絕緣材及絕緣薄片

【英文發明名稱】

INSULATING MATERIAL AND INSULATION SHEET

【中文】

本發明的目的在於提供可將導電材絕緣並固定之絕緣材。一種絕緣材(10)，係用來將導電材(6、8)進行絕緣，前述絕緣材(10)用以固定前述導電材，包含至少1個絕緣層、和至少1個空隙層，前述至少1個空隙層以熱可塑性樹脂和複數個強化纖維構成，在前述複數個強化纖維之間形成有空隙，

絕緣材中的空隙層所具有的空隙率 $Y[\%]$ 、與絕緣材中的絕緣層的厚度 $X[\mu\text{m}]$ 符合下述的式子(1)：

$$0.01 \leq Y/X \leq 4.75 \quad (1)。$$

【 英文 】

Provided is an insulating material capable of insulating and fixing an electroconductive material. An insulating material (10) insulating an electroconductive material (6, 8), wherein the insulating material (10) comprises at least one insulating layer and at least one void-containing layer, and fixes the electroconductive material. The at least one void-containing layer comprises a thermoplastic polymer and a plurality of reinforcing fibers, in which voids are interposed between the reinforcing fibers. The insulating material satisfies the following formula (1):

$$0.01 \leq Y/X \leq 4.75 \quad (1)$$

wherein Y means a void percent of the void-containing layer in the insulating material; X means a thickness of the insulating layer in the insulating material.

【指定代表圖】圖 3A

【代表圖之符號簡單說明】

6:線圈

8:槽部

10:絕緣材

30:絕緣薄片

【特徵化學式】無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

絕緣材及絕緣薄片

【英文發明名稱】

INSULATING MATERIAL AND INSULATION SHEET

【技術領域】

【0001】本發明係關於絕緣材及用於形成此絕緣材之絕緣薄片。

【先前技術】

【0002】絕緣材為了將導電材絕緣而被使用於各種場所。尤其是絕緣材係為了將旋轉電機內部絕緣而必要的要件，例如在專利文獻1(日本特開2021-129408號公報)記載，如圖7的剖面圖所示，在具備環狀定子2及對於此定子2位於半徑方向內側之轉子3的內轉子型感應馬達1，於周方向上複數個齒4a及複數個槽部8交互地形成，做為將線圈6與槽部8絕緣的絕緣材7，使用熱可塑性液晶聚合物薄膜。

【0003】另外，在專利文獻2(日本特開2020-120528號公報)中，提出藉由具備發泡部分與非發泡部分的絕緣薄片，將槽部與線圈絕緣，並且藉由發泡部分將線圈固定在槽部上的方案。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0004】

[專利文獻1]日本特開第2021-129408號公報

[專利文獻2]日本特開第2020-120528號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之問題]

【0005】 但，專利文獻1的熱可塑性液晶聚合物薄膜，雖然能夠防止線圈與槽部直接接觸，但不能固定線圈。另一方面，專利文獻2的絕緣薄片，藉由非發泡部分賦予絕緣性，能夠以發泡部分將線圈固定在槽部，但，有因發泡而污染線圈的風險，並且不易控制使發泡各向異性地膨脹。

【0006】 因此，本發明用來解決這樣的先前技術中的問題點，本發明的目的在於提供不僅將導電材絕緣，而且能夠不污染該導電材地固定的絕緣材、以及用來獲得絕緣材的絕緣薄片(絕緣材前驅體)。

[解決問題之技術手段]

【0007】 為了解決前述問題，進行了深入研究的結果，本發明者們發現若對絕緣層組合特定的膨脹性層，則能夠在保證絕緣性的同時可各向異性地膨脹，其結果，絕緣材不僅能夠發揮絕緣性，而且能夠有效率地固定導電

材，從而完成了本發明。

【0008】亦即，本發明以下述的態樣構成。

[態樣 1]

一種絕緣材，係用來將導電材絕緣，其特徵為：

前述絕緣材將前述導電材固定並包含至少 1 個絕緣層與至少 1 個空隙層，

前述至少 1 個空隙層以熱可塑性樹脂與複數個強化纖維構成，在前述複數個強化纖維之間形成有空隙，

絕緣材中的空隙層所具有的空隙率 $Y[\%]$ 、與絕緣材中的絕緣層的厚度 $X[\mu\text{m}]$ 符合下述的式子 (1)：

$$0.01 \leq Y/X \leq 4.75 \quad (1)。$$

[態樣 2]

如態樣 1 的絕緣材，其中，

前述強化纖維為從由玻璃纖維、液晶聚酯纖維、醯胺纖維及碳纖維構成的群選擇之至少一種。

[態樣 3]

如態樣 1 或 2 的絕緣材，其中，

前述至少 1 個絕緣層，藉由任意地含有填料材及 / 或補強纖維之熱可塑性樹脂或熱硬化性樹脂所構成。

[態樣 4]

如態樣 1 或 2 的絕緣材，其中，

前述至少 1 個前述絕緣層，藉由任意地含有填料材及 / 或補強纖維之由聚醚醯亞胺、聚對苯二甲酸乙二醇酯、聚萘二甲酸乙二醇酯及液晶聚酯構成的群選擇之至少一種的

熱可塑性樹脂所形成。

[態樣 5]

如態樣 1 至 4 中任一態樣的絕緣材，其中，

前述至少 1 個絕緣層是由具有熔點或軟化點 T_i 之熱可塑性樹脂構成，前述至少 1 個空隙層是由具有熔點或軟化點 T_b 之熱可塑性樹脂構成，其中， $T_i \geq T_b$ 。

[態樣 6]

如態樣 1 至 5 中任一態樣的絕緣材，其中，

構成前述至少 1 個空隙層之熱可塑性樹脂是從由聚醯醯亞胺、液晶聚酯、聚碳酸酯及苯氧基樹脂構成的群選擇之至少一種。

[態樣 7]

如態樣 1 至 6 中任一態樣的絕緣材，其中，其為用於旋轉電機之旋轉電機用絕緣材。

[態樣 8]

一種旋轉電機，係在至少一部分包含如態樣 7 的前述旋轉電機用絕緣材。

[態樣 9]

一種旋轉電機，係具有定子，該定子具備沿著周方向交互地具有齒及槽之定子芯；及

裝設於前述定子芯的線圈，

在前述槽的內周面與前述線圈之間具備如態樣 7 的前述旋轉電機用絕緣材。

[態樣 10]

一種絕緣薄片，係至少包含至少1個絕緣層、和至少1個膨脹性層，其特徵為：

前述至少1個膨脹性層是以熱可塑性樹脂與複數個強化纖維構成，前述強化纖維彼此具有複數個交點，至少該交點的一部分以熱可塑性樹脂接著，

相對於前述強化纖維全體體積，下述的式子(2)規定的彎曲度為1.004以上之強化纖維的體積含有率為20vol%以上(理想為30vol%以上，更理想為35vol%以上，更加理想為40vol%以上)。

彎曲度=纖維長度/纖維兩端的最短距離(2)

[態樣11]

如態樣10的絕緣薄片，其中，

針對前述至少1個膨脹性層，相對於該膨脹性層體積，彎曲度為1.004以上的強化纖維的體積含有率為3~50體積%(理想為5~45體積%，更理想為10~40體積%)。

[態樣12]

如態樣10或11的絕緣薄片，其中，

前述強化纖維的平均纖維長度為3~100mm。

[態樣13]

如態樣10至12中任一態樣的絕緣薄片，其中，

前述強化纖維為從由玻璃纖維、液晶聚酯纖維、醯胺纖維及碳纖維構成的群選擇之至少一種。

[態樣14]

如態樣10至13中任一態樣的絕緣薄片，其中，

在至少一方的表面露出具有與金屬之接著性的樹脂。

[態樣 15]

如態樣 10 至 14 中任一態樣的絕緣薄片，其中，

前述具有與金屬之接著性的樹脂，是從由聚醚醯亞胺、液晶聚酯、聚碳酸酯及苯氧基樹脂構成的群選擇之至少一種。

[態樣 16]

如態樣 10 至 15 中任一態樣的絕緣薄片，其中，

前述至少 1 個絕緣層，藉由任意地含有填料材及/或補強纖維之熱可塑性樹脂或熱硬化性樹脂所構成。

[態樣 17]

如態樣 10 至 15 中任一態樣的絕緣薄片，其中，

前述至少 1 個前述絕緣層，是藉由任意地含有填料材及/或補強纖維之由聚醚醯亞胺、聚對苯二甲酸乙二醇酯、聚萘二甲酸乙二醇酯及液晶聚酯構成的群選擇之至少一種的熱可塑性樹脂所形成。

[態樣 18]

如態樣 10 至 17 中任一態樣的絕緣薄片，其中，

前述至少 1 個絕緣層是由具有熔點或軟化點 T_i 之熱可塑性樹脂構成，前述至少 1 個膨脹性層是由具有熔點或軟化點 T_b 之熱可塑性樹脂構成，其中， $T_i \geq T_b$ 。

[態樣 19]

如態樣 10 至 18 中任一態樣的絕緣薄片，其中，

構成前述至少 1 個膨脹性層之熱可塑性樹脂是從由聚

醚醯亞胺、液晶聚酯、聚碳酸酯及苯氧基樹脂構成的群選擇之至少一種。

[態樣 20]

如態樣 10 至 19 中任一態樣的絕緣薄片，其中，

前述至少 1 個絕緣層是以熱可塑性樹脂構成，此絕緣層在與膨脹性層之界面具有厚度 20 μm 以下的滲透層。

[態樣 21]

一種絕緣材的製造方法，係具備：準備如態樣 10 至 20 中任一態樣的絕緣薄片、或如態樣 10 至 20 中任一態樣所述的絕緣層及膨脹性層各至少 1 層的步驟；及

對形成前述至少 1 個膨脹性層的熱可塑性樹脂加熱至其熔點或軟化點 T_b 以上，使膨脹性層膨脹，將導電材固定並絕緣之步驟。

【0009】 在本說明書中使用的情況下，單數形式、「a」、「an」及「the」只要除非內容明確表示不是這樣的情況，其旨在包括包含「at least one」的複數形式。在本說明書中使用的情況，「及/或」、「至少 1 個」及「1 個以上」是包括任何和所有相關列舉的項目及其組合。

[發明效果]

【0010】 本發明的絕緣薄片，由於膨脹性層以具有特定的彎曲率之強化纖維構成，故，能夠在導電材之間各向異性地膨脹，藉此所形成的絕緣材不僅能夠固定相對的導電材，而且絕緣性優異。

【圖式簡單說明】

【0011】 本發明係從參照附圖之下述的理想實施形態的說明，可更清楚地理解。附圖不一定用一定的比率顯示，在顯示本發明的原理的基礎上成為誇張的附圖。但，實施形態及附圖僅用於圖示及說明，並非用來限定本發明的範圍。本發明的範圍藉由申請專利範圍所確定。

[圖 1A] 用來說明本發明的第 1 實施態樣的絕緣材之一部分示意剖面圖。

[圖 1B] 係圖 1A 的示意剖面圖之一部分放大示意剖面圖。

[圖 2] 用來說明本發明的第 2 實施態樣的絕緣材之一部分示意剖面圖。

[圖 3A] 用來說明形成本發明的第 1 實施態樣的絕緣材的方法之一部分示意剖面圖。

[圖 3B] 係圖 3A 的示意剖面圖之一部分放大示意剖面圖。

[圖 4] 用來說明強化纖維的彎曲度之概念圖。

[圖 5] 顯示本發明的絕緣薄片能夠取得膨脹前的狀態之示意剖面圖。

[圖 6A] 用來說明擠壓負載試驗用樣品的製作之示意立體圖。

[圖 6B] 用來說明擠壓負載試驗用樣品的製作之示意剖面圖。

[圖 7] 用來說明專利文獻 1 所記載的旋轉電機之示意剖

面圖。

[圖 8]在實施例 11 所獲得的絕緣薄片的剖面放大照片(倍率 200 倍)。

[圖 9]在比較例 5 所獲得的絕緣薄片的剖面放大照片(倍率 200 倍)。

【實施方式】

<絕緣材>

【0012】本發明的絕緣材，係用來將導電材絕緣的絕緣材，前述絕緣材將前述導電材固定並包含至少 1 個絕緣層與至少 1 個空隙層。另外，本發明亦包含一種旋轉電機，其在至少一部分包含旋轉電機用絕緣材。

【0013】前述至少 1 個空隙層以熱可塑性樹脂與複數個強化纖維構成，在前述複數個強化纖維之間形成有空隙，

絕緣材中的空隙層所具有的空隙率 $Y[\%]$ 、與絕緣材中的絕緣層的厚度 $X[\mu\text{m}]$ 符合下述的式子(1)：

$$0.01 \leq Y/X \leq 4.75 \quad (1)$$

因此，既可具有空隙層，又可保持目標之絕緣性。

【0014】圖 1A 顯示本發明的第 1 實施形態之絕緣材配設在旋轉電機的定子之狀態。圖 1A 用來說明本發明的絕緣材之第 1 實施態樣的一部分示意剖面圖，圖 1B 為圖 1A 的示意剖面圖之一部分放大示意剖面圖。

【0015】如圖 1A 所示，旋轉電機 100 具備定子 2 與內轉

子3，定子2具備：沿著定子周方向交互地具有齒4a及槽部8之定子芯4；及裝設於此定子芯之導電材亦即線圈6。再者，旋轉電機亦可具備外轉子，替代內轉子。

【0016】絕緣材10配設於定子芯4之槽部8，中介於作為導電材的線圈6與齒4a之間，用以防止線圈6與槽部8直接接觸。圖1B為顯示構成絕緣材10的絕緣層13與空隙層15之示意放大圖。如圖1B所示，絕緣材10包含絕緣層13與空隙層15，絕緣層13與槽部8的內周面密接，空隙層15與線圈6密接，因此，線圈6藉由絕緣材10固定於槽部8。另外，絕緣層13具有厚度 $X\mu\text{m}$ ，對於絕緣材賦予絕緣性。

【0017】另外，空隙層15以熱可塑性樹脂與複數個強化纖維構成，在前述複數個強化纖維之間形成有空隙，空隙層15亦可具有連續的多孔質構造。在空隙層15具有連通孔構造的情況，可以用於冷卻液的通液等，例如，可以藉由在作為連通孔存在之空隙中通液冷卻液來冷卻馬達。

【0018】如後述般，空隙層15中的空隙藉由絕緣薄片中的膨脹性層膨脹而形成。在膨脹性層，以預定的彎曲度彎曲的複數個強化纖維被熱可塑性樹脂固定，藉由將絕緣薄片加熱到該熱可塑性樹脂的熔點或軟化點 T_b 以上，在彎曲的強化纖維內部蓄積的應力被釋放，使得在強化纖維之間形成空隙，主要在厚度方向膨脹而形成絕緣材。另外，在空隙層15中，由於藉由強化纖維膨脹而在強化纖維間形成空隙，因此，比起利用發泡構件的情況，也不會有因意想不到的發泡而污染構件。且，由於在膨脹性層的厚度方向

可各向異性地膨脹，故，容易控制空隙層的結構。

【0019】藉由絕緣薄片中的膨脹性層膨脹而形成空隙層，能夠將在膨脹前的絕緣薄片無法固定的線圈6在具有空隙層15的絕緣材10加以固定。另外，在藉由絕緣薄片膨脹應力對槽部8及線圈6施加較高的按壓力的情況、或絕緣材中的熱可塑性樹脂接著在槽部8及/或線圈6上的情況，藉由按壓力或以樹脂之接著，使得即使在施加負載的情況，也能夠維持絕緣材的固定性。

【0020】另外，圖2為用來說明本發明的絕緣材之第2實施態樣之一部分示意剖面圖。在圖2，絕緣材20以此順序依序具備空隙層25a、絕緣層23、空隙層25b的各層。亦即，絕緣材20具有在空隙層25a、25b之間插入絕緣層23的構造，除此以外的部分是與圖1A及1B共通。

【0021】在如圖2所示的絕緣材20，絕緣材20的其中一方的空隙層25a與槽部8的表面密接，另一方的空隙層25b與線圈6密接，其結果，線圈6藉由絕緣材20固定於槽部8。

【0022】在這些絕緣材10及20，一方面能夠在空隙層具有預定的空隙率的狀態下固定導電材，另一方面，從擔保絕緣材的絕緣性的觀點來看，絕緣層相對於空隙層的空隙率具有預定的比例之厚度。

【0023】因此，絕緣材中的空隙層所具有的空隙率 $Y[\%]$ 、與絕緣材中的絕緣層的厚度 $X[\mu\text{m}]$ 符合下述的式子(1)：

$$0.01 \leq Y/X \leq 4.75 \quad (1)$$

【0024】Y/X理想為0.05以上，更理想為0.10以上，更加理想為0.20以上，最理想為0.30以上。另外，Y/X理想為4.00以下，更理想為3.00以下，更加理想為2.00以下，最理想為1.60以下。

【0025】空隙率Y依據與絕緣材所固定的導電材之關係加以適宜設定即可，例如可為5~95%，理想為30~90%，更理想為50~80%。若空隙率為前述下限值以上，則與導電材的接著性優異，空隙率為前述上限值以下，則空隙層的強度不會降低，操作性優異。在絕緣材中，空隙層只要含有至少1層即可，在具有複數個空隙層的情況，絕緣材中的空隙層的空隙率Y作為全部空隙層所具有的空隙率來算出。

【0026】前述空隙率具體而言為能如以下的方式求出。在絕緣材，藉由剖面觀察，測定空隙層的厚度。在空隙層存在有複數個的情況，分別測定複數個空隙層的厚度，再將該等總計。空隙層的基重(g/m²)除以空隙層的厚度(μm)，算出空隙層的體積密度(g/cm³)。其次，算出空隙層的真密度(=強化纖維的體積比率×強化纖維的密度+熱可塑性樹脂的體積比率×熱可塑性樹脂的密度)。然後，由下述的式子算出空隙率。

$$\text{空隙率(\%)} = (1 - \text{空隙層的體積密度} / \text{空隙層的真密度}) \times 100$$

【0027】在絕緣材中，絕緣層至少包含1層即可，在具有複數個絕緣層的情況，絕緣材中的絕緣層的厚度X是

使用絕緣材中的全部絕緣層的厚度之和。在絕緣材，絕緣層的厚度是與前述空隙層同樣地，藉由剖面觀察進行測定。另外，絕緣層的厚度X可從10~1000 μm 之寬廣的範圍選擇，例如，可為20~500 μm ，理想為30~350 μm ，更理想為50~250 μm 。若厚度為前述下限值以上，則做為絕緣材的絕緣性優異，若厚度為前述上限值以下，則賦形性、向間隙之插入性等優異。

【0028】絕緣材具有至少1層的絕緣層、和至少1層的空隙層即可，如圖1B所示，可為絕緣層/空隙層的2層構造，亦如圖2所示，空隙層/絕緣層/空隙層、絕緣層/空隙層/絕緣層的3層構造，亦可為絕緣層/空隙層/絕緣層/空隙層等的4層構造，或5層以上的構造等。在絕緣材，最外層可為絕緣層亦可為空隙層，可因應用途加以適宜設定。

【0029】

<絕緣層>

絕緣層的材質只要能夠對絕緣材賦予絕緣性則未特別限定，可以是無機材，亦可為有機材料，但，從成形性的觀點來看，能以任意地含有填料材及/或補強纖維的熱可塑性樹脂，或者任意地含有填料材及/或增強纖維的熱硬化性樹脂構成為佳。這些材料可單獨使用，或可兩種以上組合使用。

【0030】作為熱可塑性樹脂，可以舉出乙烯系樹脂（由具有乙烯基 $\text{CH}_2=\text{CH}-$ 或偏二乙烯基 $\text{CH}_2=\text{C}<$ 的單體合成的聚合物或其衍生物，例如聚烯烴系樹脂、氯乙烯系樹

脂、醋酸乙烯系樹脂)；脂肪族聚醯胺系樹脂(聚醯胺6、聚醯胺66、聚醯胺11、聚醯胺12、聚醯胺610、聚醯胺612等)、半芳香族聚醯胺系樹脂、全芳香族聚醯胺系樹脂等之聚醯胺系樹脂；聚對苯二甲酸乙二醇酯、聚對苯二甲酸丙二酯、聚對苯二甲酸丁二醇酯、聚萘二甲酸乙二醇酯等之聚酯系樹脂；聚四氟乙烯系樹脂等氟系樹脂；半芳香族聚醯亞胺系樹脂、聚醯胺-醯亞胺系樹脂、聚醚醯亞胺系樹脂等之熱可塑性聚醯亞胺系樹脂；聚砜類樹脂、聚醚砜類樹脂等之聚砜類樹脂；改性聚苯醚樹脂；聚醚酮類樹脂、聚醚醚酮類樹脂、聚醚酮類樹脂等之聚醚酮類樹脂；聚碳酸酯樹脂；非晶性聚芳酯系樹脂；全芳香族聚酯系樹脂等之液晶聚酯系樹脂；胺甲酸乙酯類、苯乙烯類、烯烴類、氯乙烯類、酯類、醯胺類的熱可塑性彈性體等。這些熱可塑性樹脂可單獨使用，或亦可將兩種以上組合使用。

【0031】另外，絕緣層中使用的熱可塑性樹脂，在包含膨脹後的絕緣薄片的構造體中被要求耐熱性的用途的情況，理想為使用玻璃轉移溫度為100℃以上的熱可塑性樹脂。例如作為玻璃轉移溫度為100℃以上之熱可塑性樹脂，可舉出聚四氟乙烯系樹脂、熱可塑性聚醯亞胺系樹脂、聚砜系樹脂、半芳香族聚醯胺系樹脂、聚醚酮系樹脂、聚碳酸酯系樹脂、液晶聚酯系樹脂等。在這些樹脂中，從力學特性、成型性等的觀點來看，熱可塑性樹脂從熱可塑性聚醯亞胺系樹脂(理想為聚醚醯亞胺系樹脂)、聚醚酮系樹脂(理想為聚醚醚酮系樹脂)、半芳香族聚醯胺系

樹脂、聚碳酸酯系樹脂及聚矽系樹脂所構成的群選擇之至少一種熱可塑性樹脂。在被要求耐熱性的用途中，熱可塑性樹脂的玻璃轉移溫度，理想為 105°C 以上，更加理想為 110°C 以上。再者，關於上限未特別限制，從經濟性使用絕緣薄片的觀點來看，可為 300°C 以下。再者，玻璃轉移溫度為藉由後述的實施例所述的方法測定到的值。

【0032】從抑制在膨脹時構成絕緣層之熱可塑性樹脂因軟化而流動的觀點來看，構成絕緣層之熱可塑性樹脂，其構成空隙層的熱可塑性樹脂的軟化點(T_g)的儲藏彈性率 E'_{T_g} 與構成絕緣層的熱可塑性樹脂在室溫(25°C)下之儲藏彈性率 E'_{25} 的比例所表示之保持率($E'_{T_g}/E'_{25}\times 100$)例如可為 0.1% 以上，亦可為 0.5% 以上。

【0033】作為在本發明所使用的熱硬化性樹脂，可舉出例如酚樹脂、脲醛樹脂、三聚氰胺樹脂、矽氧樹脂樹脂、環氧樹脂、及熱硬化性聚醯亞胺系樹脂等。

【0034】在這些樹脂中，從耐熱性及處理操作性的觀點來看，可理想使用熱可塑性聚醯亞胺系樹脂(理想為聚醚醯亞胺系樹脂)、聚對苯二甲酸乙二醇酯、聚萘二甲酸乙二醇酯及液晶聚酯等。

【0035】亦可因應需要，絕緣層還包含填料材及/或補強纖維、以及各種添加劑。這些填料材、補強纖維、以及添加劑可採用習知或慣用的材料。

【0036】

<空隙層>

構成空隙層的熱可塑性樹脂，如後述般，在膨脹性層中軟化或熔融，只要能夠實現由強化纖維的反衝所引起的膨脹，就未特別限定，可因應使用於絕緣層中之材料加以適宜設定。另外，構成空隙層的熱可塑性樹脂與構成絕緣層的熱可塑性樹脂可為相同，亦可不同。例如，在絕緣層以具有熔點或軟化點 T_i 的熱可塑性樹脂構成的情況，構成空隙層的熱可塑性樹脂理想為以具有熔點或軟化點 T_b 的熱可塑性樹脂構成，這些熔點或軟化點 T_b 為 $T_i \geq T_b$ 。更理想為構成空隙層的熱可塑性樹脂 T_b 以構成絕緣層的熱可塑性樹脂 T_i 為基準，為 $(T_i-120)^\circ\text{C} \sim T_i^\circ\text{C}$ ，理想為 $(T_i-50)^\circ\text{C} \sim T_i^\circ\text{C}$ 。再者，熱可塑性樹脂在具有熔點的情況，能使用熔點作為基準溫度，在不具有熔點的情況，可使用軟化點(玻璃轉移溫度)作為基準溫度。

【0037】 作為構成空隙層之熱可塑性樹脂，可例示在絕緣層中所使用的熱可塑性樹脂，這些樹脂中，從促進空隙層之膨脹性的觀點來看，構成空隙層的熱可塑性樹脂可理想使用聚烯烴系樹脂、脂肪族聚醯胺系樹脂、聚醚醯亞胺、液晶聚酯、聚碳酸酯及苯氧基樹脂等。尤其是從提高對藉由絕緣材接觸的部位(例如導電材的表面)的接著性的觀點來看，理想為使用熱可塑性聚醯亞胺系樹脂(聚醚醯亞胺系樹脂為佳)。

【0038】 構成空隙層的強化纖維只要能夠發揮膨脹性就未特別限定，可為有機纖維，亦可為無機纖維，另外，也可單獨使用，或者將兩種以上組合使用。作為無機纖

維，可舉出例如玻璃纖維、碳纖維、各種陶瓷纖維(例如碳化矽纖維、氮化矽纖維、二氧化矽纖維、氧化鋁纖維、氧化鋯纖維、硼纖維、玄武岩纖維等)、各種金屬纖維(金、銀、銅、鐵、鎳、鈦、不鏽鋼等)等。另外，作為有機纖維，只要玻璃轉移溫度或熔點較將強化纖維的交點接著之熱可塑性樹脂的軟化點高則未特別限定，可舉出例如全芳香族聚酯系纖維、聚苯硫醚纖維、對位芳族聚醯胺纖維、聚砜醯胺纖維、酚醛樹脂纖維、聚醯亞胺纖維、氟纖維等。再者，在本發明，軟化點在熱可塑性樹脂中主要是指熱變形溫度，例如可為負載撓曲溫度(JIS K 7207)。特別是在非晶性樹脂的情況，意指著其玻璃轉移溫度。

【0039】在該等纖維中，從提高強化纖維的反作用力的觀點來看，理想為使用玻璃纖維、液晶聚酯纖維、芳族聚醯胺纖維及碳纖維。另外，從提升絕緣材的絕緣性的觀點來看，可使用絕緣性纖維(例如玻璃纖維、液晶聚酯纖維、醯胺纖維等)。

【0040】

<絕緣材的形成方法>

絕緣材的形成方法或製造方法，可具備：準備絕緣薄片的步驟；及對形成前述絕緣薄片中之至少1個膨脹性層的熱可塑性樹脂加熱至其軟化點或熔點以上，使膨脹性層膨脹，將導電材固定並絕緣之步驟。

【0041】另外，絕緣材的製造方法，可具備：準備各至少1層的絕緣層及膨脹性層；及對形成前述絕緣薄片中之

之至少1個膨脹性層的熱可塑性樹脂加熱至其軟化點或熔點以上，使膨脹性層膨脹，將導電材固定並絕緣之步驟。再者，絕緣薄片、絕緣層及膨脹性層可因應需要加以組合使用。

【0042】圖3A係用來說明形成本發明的第1實施態樣的絕緣材10的方法的一例之一部分示意剖面圖。絕緣材10藉由使絕緣薄片30朝該絕緣薄片30厚度方向膨脹所形成。圖3A左側顯示絕緣薄片30插入槽部8的內周面與線圈6之間的狀態，圖3A的右側顯示絕緣薄片30藉由加熱而膨脹，形成為絕緣材10，且中介於槽部6內周面與線圈6之間，將線圈6固定的狀態。另外，圖3B係圖3A的示意剖面圖之一部分放大示意剖面圖。

【0043】圖3B為用來顯示插入於槽部6內周面與線圈6之間的絕緣薄片30的示意放大圖。如圖3B所示，絕緣薄片30具有絕緣層33與膨脹性層35，絕緣層33對應於絕緣材10的絕緣層13，膨脹性層35對應於絕緣材10的空隙層15。

【0044】在絕緣薄片30的膨脹性層35中，藉由熱可塑性樹脂約束彎曲狀態的強化纖維，利用對構成膨脹性層35的熱可塑性樹脂加熱至其熔點或軟化點以上，使得熱可塑性樹脂熔融或軟化，伴隨此，以熱可塑性樹脂約束的強化纖維的彎曲被釋放，藉此，強化纖維的反作用力(復原力)在厚度方向上顯現。

【0045】其結果，絕緣薄片30在厚度方向上不可逆地膨脹，如圖1B所示，作為絕緣材10在槽部8固定線圈6。理

想為構成絕緣材的熱可塑性樹脂藉由熔接而接著於槽部8的內周面及線圈6上。

【0046】如上述般，本發明的絕緣材可例如藉由將本發明的絕緣薄片加熱而使膨脹性層膨脹來獲得。再者，作為另一態樣，本發明的絕緣材亦可例如分別準備絕緣層與膨脹性層，分別插入導電材之間後，藉由加熱使膨脹性層膨脹而形成空隙層，藉此形成包含絕緣層與空隙層的絕緣材。

【0047】絕緣材亦可與導電材接觸並固定，並且將導電材絕緣。例如，對於導電材(例如纜線用導電材)使絕緣薄片(例如帶狀物)環繞，將所獲得的環繞體進行加熱，使該絕緣薄片的膨脹性層膨脹而作為空隙層，進而形成包含絕緣層與空隙層之絕緣材，將導電材絕緣。

【0048】或，絕緣材亦可與導電材接觸並固定，並且將此導電材在預定的空間加以固定。例如，在預定的空間中與導電材相鄰地配設絕緣薄片，使該絕緣薄片的膨脹性層膨脹而形成空隙層的絕緣材，係可與導電材接觸而使導電材絕緣，並且絕緣材填充預定的空間。固定導電材的態樣，可因應空間的形狀而適宜決定，絕緣材只要能夠藉由膨脹性層的膨脹將導電材固定在該空間中，則該空間亦可不被絕緣材完全填充。例如，絕緣材亦可藉由填充導電材與該空間的至少一個壁面之間來固定該導電材。

【0049】加熱膨脹性層而使膨脹性層膨脹的溫度，係以形成至少1個膨脹層的熱可塑性樹脂的軟化點或熔點 T_b

為基準的情況，可為 T_b 以上，理想為 $(T_b+10)^\circ\text{C}$ 以上，更理想為 $(T_b+20)^\circ\text{C}$ 以上。使膨脹性層膨脹的溫度的上限可為形成膨脹性層的熱可塑性樹脂之熱分解溫度以下。

【0050】另一方面，加熱膨脹性層使膨脹性層膨脹的溫度，可因應絕緣層來設定，例如，在絕緣層由熱可塑性樹脂構成的情況，理想為膨脹性層膨脹時絕緣層不流動的溫度。在該情況，加熱溫度以形成絕緣層的熱可塑性樹脂的軟化點或熔點 T_i 為基準，可為 $(T_i+90)^\circ\text{C}$ 以下，理想為 $(T_i+80)^\circ\text{C}$ 以下，更理想為 $(T_i+70)^\circ\text{C}$ 以下。在存在複數個絕緣層的情況，作為基準的 T_i 可利用最低溫的絕緣層的值。

【0051】

<絕緣薄片>

本發明的絕緣薄片包含至少 1 個絕緣層、和至少 1 個膨脹性層。絕緣層對應於存在絕緣材的絕緣層。再者，在絕緣材中的絕緣層以熱硬化性樹脂等形成的情況，絕緣薄片中的絕緣層可藉由熱硬化前的前驅體形成。

<膨脹性層>

膨脹性層以強化纖維與熱可塑性樹脂構成。膨脹性層在只要不損本發明的效果的情況下，亦可含有強化纖維及熱可塑性樹脂以外的物質。在膨脹性層，前述強化纖維彼此具有複數個交點，至少該交點的一部分以熱可塑性樹脂接著。例如，強化纖維彼此在隨機定向的狀態下具有複數

個交點，至少強化纖維的交點的一部分可藉由熱可塑性樹脂接著，理想為以強化纖維彼此的交點為中心，熱可塑性樹脂以刮水狀存在，強化纖維埋入於形成基質的熱可塑性樹脂中。藉由採取這樣的構造，能使膨脹性層的構造強度提升。

【0052】在一態樣，膨脹性層中，相對於前述強化纖維全體體積，以下述的式子(2)規定的彎曲度為1.004以上之強化纖維的體積含有率為20vol%以上。

彎曲度=纖維長度/纖維兩端的最短距離... (2)

【0053】圖5係用來說明強化纖維的彎曲度之概念圖。如圖5所示，在膨脹性層中，強化纖維假設為以略中央部為中心具有弓形。在此情況，前述式子(2)中的纖維長度係指沿著纖維的彎曲形狀之長度L，纖維兩端的最短距離係指連結纖維兩端的2點之直線的距離L₀。再者，作為彎曲的強化纖維，不限於如圖5所示的弓形，可為山形的形狀，亦可為波形。

【0054】由於強化纖維彎曲而產生殘餘應力，當加熱絕緣薄片時，構成膨脹性層的熱可塑性樹脂流動，具有1.004以上的彎曲度的強化纖維的反作用力大，即使在與用於擔保絕緣材的絕緣性的絕緣層組合的情況，藉由反作用力也能夠確保固定材的固定性。

【0055】在膨脹性層，相對於強化纖維全體體積之彎曲度為1.004以上之強化纖維的體積含有率，理想為30vol%以上，更理想為35vol%以上，更加理想為40vol%

以上。相對於強化纖維全體體積，彎曲度為 1.004 以上之強化纖維的體積含有率的上限未特別限定，但例如可為 100%。再者，強化纖維的彎曲度為藉由後述的實施例所述的方法測定到的值。

【0056】在製造前述這樣的膨脹性層時，在厚度方向上加壓的情況下，彎曲的強化纖維的反作用力在厚度方向上呈現，因此，這樣的膨脹性層當加熱時會朝厚度方向膨脹，膨脹應力在厚度方向上產生。

【0057】從提高加熱時的膨脹應力的觀點來看，膨脹性層中，相對於膨脹性層全體的體積，彎曲度為 1.004 以上的強化纖維的體積含有率為 3~50vol%，理想為 5~45vol%，更理想為 10~40vol%。再者，相對於膨脹性層全體的體積，彎曲度為 1.004 以上的強化纖維的體積含有率，係顯示相對於膨脹性層的體積之彎曲度為 1.004 以上的強化纖維所佔之體積的比例，藉由後述的實施例所記載的方法測定到的值。

【0058】從提高加熱時的膨脹應力的觀點來看，膨脹性層中，強化纖維的平均彎曲度可為 1.003 以上，理想為 1.004 以上，更理想為 1.005 以上，更加理想為 1.006 以上。強化纖維的平均彎曲度的上限例如可為 1.05 以下，理想為 1.04 以下，更理想為 1.03 以下。再者，強化纖維的平均彎曲度為藉由後述的實施例所述的方法測定到的值。

【0059】從提高加熱時的膨脹應力(絕緣薄片膨脹而固定導電材之際所產生的應力)的觀點來看，相對於膨脹

性層的全重量，強化纖維的重量含有率理想為15~60wt%，更理想為18~55wt%，更加理想為20~50wt%，最理想為25~48wt%。若強化纖維的重量含有率過低，則強化纖維彼此接觸變少，因此，有強化纖維不易彎曲的傾向。另外，若強化纖維的重量含有率過高，則由於熱可塑性樹脂的量少，因此，有強化纖維在彎曲的狀態下無法保持，不易調整強化纖維的彎曲度的傾向。

【0060】膨脹性層中，相對於膨脹性層的全重量，熱可塑性樹脂的重量含有率理想為40~85wt%。更理想為45~82wt%，更加理想為50~80wt%，最理想為52~75wt%。若熱可塑性樹脂的量少，則熔融熱可塑性樹脂的接著的助力變小，因此，有補強力或固定力變得不充分之虞。再者，作為膨脹性層中含有的熱可塑性樹脂，亦可含有因應需要用於作為複合薄片的不織布之製造的黏結劑成分。

【0061】從提高對於導電材進行接觸的熱可塑性樹脂的面積並且確保充分的膨脹性的觀點來看，膨脹性層的強化纖維與熱可塑性樹脂的體積比(強化纖維：熱可塑性樹脂)可為10：90~70：30。強化纖維與熱可塑性樹脂之體積比(強化纖維：熱可塑性樹脂)，理想為15：85~65：35，更理想為20：80~60：40。

【0062】膨脹性層的平均基重，可因應填充的空間及用途作為各種的基重，例如可從10~10000g/m²的大範圍內選擇，但從即使在狹窄的空間也能夠精度良好地填充

的觀點來看，可為 $10 \sim 500 \text{g/m}^2$ ，理想為 $20 \sim 400 \text{g/m}^2$ ，更理想為 $50 \sim 300 \text{g/m}^2$ 。再者，膨脹性層的平均基重為藉由後述的實施例所述的方法測定到的值。

【0063】膨脹性層的密度，可因應填充的空間及用途作為各種的密度，可為 $0.5 \sim 5 \text{g/cm}^3$ ，理想為 $0.6 \sim 4 \text{g/cm}^3$ ，更理想為 $0.7 \sim 3 \text{g/cm}^3$ 。再者，膨脹性層的密度為藉由後述的實施例所述的方法測定到的值。

【0064】膨脹性層的下述的式子(3)所規定的彎曲度的釋放率可為20%以上，理想為30%以上，更理想為40%以上，更加理想為50%以上，最理想為60%以上。彎曲度的釋放率成為表示膨脹性層具有多少能夠熱膨脹的能力的指標，具有前述這樣的彎曲度的釋放率之膨脹性層，在預定的空間內進行填充時的補強空間的強度或固定被固定材的強度優異。彎曲度的釋放率的上限未特別限定，但例如可為100%。

彎曲度的釋放率(%)= $[(A-1)-(B-1)]/(A-1) \times 100 \dots (3)$

(式子中，A：膨脹前的膨脹性層中之強化纖維的平均彎曲度、B：在無加壓下進行加熱膨脹後的膨脹性層中之強化纖維的平均彎曲度)。

【0065】從抑制氣體產生的觀點來看，膨脹性層，理想為實質上不含有當進行加熱時揮發的揮發性物質(例如沸點較加熱溫度低的低分子化合物等)、發泡劑、膨脹石墨等，膨脹性層中的揮發性物質的總量可未滿0.5wt%。

【0066】在使膨脹性層膨脹的步驟(以下有僅稱為膨

脹步驟的情況)，例如，以膨脹性層的熱可塑性樹脂的熔點或軟化點(Tb)為基準，可為(Tb+10)°C以上，理想為(Tb+30)°C以上，更理想為(Tb+50)°C以上。加熱溫度的上限例如可為(Tb+250)°C以下，理想為(Tb+200)°C以下，特別是從抑制熱可塑性樹脂的劣化的觀點來看，更理想為(Tb+150)°C以下。

【0067】在膨脹步驟中，絕緣薄片可迅速膨脹，但亦可藉由緩慢膨脹而具有全體均勻的構造，例如用於膨脹的加熱時間例如可為1分鐘～1小時左右，理想為10～50分鐘左右。

【0068】

<膨脹性層前驅體>

這樣的膨脹性層由膨脹性層前驅體所形成。具體而言，膨脹性層可至少具備以下的步驟所製造：準備含有強化纖維與熱可塑性樹脂之膨脹性層前驅體的步驟；將前述膨脹性層前驅體加熱至前述熱可塑性樹脂的熔點或軟化點以上，在厚度方向施加壓力並進行熱壓的步驟；及在施加著壓力的狀態，冷卻至直到較前述熱可塑性樹脂的熔點或軟化點低的溫度之步驟。為了製造存在有特定量之具有特定的彎曲度的強化纖維之膨脹性層，需要因應所期望的膨脹性層的基重或厚度等予以適宜調整後述的製造條件，例如，藉由調整膨脹性層前驅體中的強化纖維的比例或供於熱壓的膨脹性層前驅體的張數、熱壓的條件等，能夠調整強化纖維的彎曲度。

【0069】膨脹性層前驅體包含強化纖維與熱可塑性樹脂，是能夠藉由熱壓步驟及冷卻步驟形成膨脹性層的資料，可使用各種形態的薄片狀物等。作為膨脹性層前驅體，例如可舉出強化纖維與熱可塑性纖維的混合不織布、或分散有粒子狀(或粉粒狀)熱可塑性樹脂的強化纖維的不織布等，理想為強化纖維與熱可塑性纖維的混合不織布。另外，從強化纖維及熱可塑性纖維的分佈均等性的觀點來看，更理想為包含強化纖維與熱可塑性纖維之濕式不織布(例如混抄紙，在本發明，以下的說明中，將藉由濕式抄紙法之混合不織布稱為混抄紙)。

【0070】強化纖維及熱可塑性樹脂的種類，由於與在絕緣材使用的強化纖維及熱可塑性樹脂的種類相同，故，在此，省略其記載。所使用的強化纖維，可為連續纖維，但理想為非連續纖維，從提高強化纖維的反作用力的觀點來看，其平均纖維長度係3~100mm為佳。更理想為4~80mm，更加理想為5~50mm。再者，平均纖維長度為藉由後述的實施例所述的方法測定到的值。

【0071】強化纖維，從提高強化纖維的反作用力的觀點來看，強化纖維的單纖維的平均纖維徑理想為2~40 μm 。更理想為3~30 μm ，更加理想為4~20 μm 。再者，平均纖維徑為藉由後述的實施例所述的方法測定到的值。

【0072】從提高強化纖維的反作用力的觀點來看，強化纖維的單纖維的長寬比(平均纖維長度/平均纖維徑)理想為100~50000。更理想為300~10000，更加理想為500~

5000。

【0073】從提高強化纖維的反作用力的觀點來看，強化纖維為具有10GPa以上的拉伸彈性率者為佳。更理想為30Gpa以上，更加理想為50Gpa以上。關於上限未特別限制，可為1000GPa以下。再者，拉伸彈性率，在碳纖維的情況下可依據JIS R 7606、在玻璃纖維的情況可依據JIS R 3420、在有機纖維的情況可依據JIS L 1013等符合各自的纖維的規格的方法來測定。

【0074】從調整要獲得的膨脹性層中的強化纖維的彎曲度之觀點來看，強化纖維對於膨脹性層前驅體的全重量之重量含有率，可為15～60wt%，理想為18～55wt%，更理想為20～50wt%，更加理想為25～48wt%。若強化纖維的含有率過低，則強化纖維彼此接觸變少，因此，有強化纖維不易彎曲的傾向。另外，若強化纖維的含有率過多，則由於熱可塑性樹脂的量少，因此，有強化纖維在彎曲的狀態下無法保持，不易調整強化纖維的彎曲度的傾向。

【0075】使用混合不織布作為膨脹性層前驅體的情況，可使用藉由習知的方法將前述熱可塑性樹脂纖維化的熱可塑性纖維。在本發明所使用的混合不織布，從調整要獲得的膨脹性層中的強化纖維的彎曲度之觀點來看，熱可塑性纖維對於混合不織布的全重量之重量含有率，可為40～85wt%，理想為45～82wt%，更理想為50～80wt%，更加理想為52～75wt%。

【0076】從使強化纖維的分散性良好的觀點來看，熱

可塑性纖維的單纖維纖維度係0.1~20dtex為佳。為了獲得加熱時的膨脹應力優異的膨脹性層，理想為使混合不織布中的強化纖維均勻地分散。熱可塑性纖維的單纖維纖維度，更理想為0.5~18dtex，更加理想為1~16dtex。再者，單纖維纖維度為藉由後述的實施例所述的方法測定到的值。

【0077】從使強化纖維的分散性良好的觀點來看，熱可塑性纖維的平均纖維長度，理想為0.5~60mm，更理想為1~55mm，更加理想為3~50mm。再者，平均纖維長度為藉由後述的實施例所述的方法測定到的值。再者，對於此時的纖維的剖面形狀也未特別限制，可以是圓形、中空、扁平或星形等異型剖面。

【0078】另外，在作為熱可塑性纖維，使用由玻璃轉移溫度100℃以上之熱可塑性樹脂構成的纖維的情況，混合不織布可因應需要而含有黏結劑成分。黏結劑成分對混合不織布之重量含有率，例如可為10wt%以下。作為黏結劑成分的形狀，可以是纖維狀、粒子狀、液狀等，但從形成不織布的觀點來看，理想為黏結纖維。作為黏結劑成分，未特別限定，例如可舉出聚烯烴系樹脂、聚醯胺系樹脂、聚酯系樹脂、丙烯酸系樹脂、聚乙烯醇系樹脂、聚胺甲酸酯系樹脂等，其中理想為聚酯系樹脂。這些黏結劑成分，相當於構成要獲得膨脹性層的熱可塑性樹脂之成分。從黏合劑成分作為熱可塑性樹脂而成為基質的一部分的觀點來看，理想為使用與熱可塑性纖維具有相溶性的黏結劑成分，在該情況，要獲得的膨脹性層中，由於基質一體

化，因此，強度優異。

【0079】 聚酯系樹脂可由二羧酸成分中含有對苯二甲酸成分(a)與間苯二甲酸成分(b)作為其共聚比例(莫爾比)為(a)/(b)=100/0~40/60(理想為99/1~40/60)之聚酯系聚合物構成。藉由使用這樣的聚酯系樹脂，能夠以良好的黏結劑特性提高混合不織布的強度，因此，製程通過性優異，並且能夠抑制高溫成形時的熱分解。另外，這樣的聚酯系樹脂，由於與熱可塑性聚醯亞胺系樹脂(理想為聚醚醯亞胺系樹脂)具有相溶性，故，在使用由聚醯亞胺系樹脂構成的熱可塑性纖維的情況，作為黏結劑成分尤其理想。更理想為(a)/(b)=90/10~45/55，更加理想為(a)/(b)=85/15~50/50。

【0080】 只要不損害本發明的效果，前述聚酯系樹脂可含有對苯二甲酸與間苯二甲酸以外的少量(例如5莫爾%以下)的其他二羧酸成分之一種或複數種組合。另外，作為構成聚酯系樹脂的二醇成分，可以使用乙二醇作為二醇成分，但亦可含有乙二醇以外的少量(例如5莫爾%以下)的其他二醇成分的一種或複數種組合。

【0081】 不織布的製造方法未特別限制，可舉出水針法、針刺法、蒸氣噴射法、乾式抄紙法、濕式抄紙法(濕式氧化法)等。其中，從生產效率與強化纖維在不織布中的均勻分散的方面來看，理想為濕式抄紙法。例如在濕式抄紙法，調製含有熱可塑性纖維及強化纖維之水性漿體，再將此漿體供給至一般的抄紙製程即可。再者，水性漿體

可因應需要含有前述黏結纖維(例如聚乙烯醇系纖維等的水溶性聚合物纖維、聚酯系纖維等的熱熔融纖維)等。另外，為了提高不織布的均等性與壓接性等，亦可藉由噴霧乾燥塗布黏結劑成分，或者在濕式抄紙製程後加入熱壓製程。

【0082】在使用濕式抄紙法的情況，從提高要獲得的膨脹性層的厚度、基重的均等性等的觀點來看，可進一步使用含有分散劑之水性漿體。作為分散劑，可使用能將強化纖維或熱可塑性纖維分散於水中之習知的分散劑，例如可舉出聚環氧烷系分散劑、聚丙烯醯胺系分散劑、聚丙烯酸系分散劑、胺甲酸乙酯樹脂系分散劑等的高分子型分散劑。

【0083】另外，從提高要獲得的膨脹性層的厚度、基重的均等性等的觀點來看，可進一步使用含有增黏劑之水性漿體。作為增黏劑，可舉出陰離子性聚丙烯醯胺、非離子性性聚氧化乙烯等。其中，作為增黏劑，使用陰離子性聚丙烯醯胺為佳。這是因為在添加陽離子系化合物之際，容易獲得混合集束纖維束之故。

【0084】又，不織布的基重，未特別限定，理想為 $5\sim 1500\text{g/m}^2$ 。更理想為 $10\sim 1000\text{g/m}^2$ ，更加理想為 $20\sim 500\text{g/m}^2$ 。

【0085】在熱壓步驟，可將膨脹性層前驅體加熱至熱可塑性樹脂的熔點或軟化點以上，在厚度方向施加壓力而進行熱壓。藉由在厚度方向加熱加壓，使得強化纖維彼此

在接觸的狀態下被壓縮，因此，可使強化纖維彎曲。在本發明，因應膨脹性層前驅體中的強化纖維與熱可塑性樹脂的含有比例、膨脹性層前驅體的基重與張數，藉由調整後述的熱壓條件，能夠調整強化纖維的彎曲度。

【0086】關於熱壓方法，未特別限制，可理想使用沖壓成型、加壓成型、真空壓接成型、GMT成型等之一般的壓縮成型。此時的成型溫度可以與使用的膨脹性層前驅體的熱可塑性樹脂的軟化點或熔點一起設定。加熱溫度，理想為膨脹性層前驅體的熱可塑性樹脂的熔點或軟化點以上，例如，在熱可塑性樹脂為結晶性的情況，加熱溫度係熱可塑性樹脂的熔點以上、(融點+100)°C以下的範圍為佳。另外，在熱可塑性樹脂為非晶性的情況，加熱溫度作為軟化點，熱可塑性樹脂的玻璃轉移溫度以上、(玻璃轉移溫度+200)°C以下的範圍為佳。再者，亦可因應需要，在進行熱壓前以IR加熱器等預先加熱。

【0087】另外，進行熱壓時的壓力以未特別限制，一般是在0.05MPa以上的壓力下進行。更理想為0.1MPa以上，更加理想為0.5MPa以上。上限未特別限定，但可為30MPa左右。熱壓時的時間也未特別限制，但因長時間暴露於高溫，熱可塑性樹脂有可能劣化，故，一般理想為30分鐘以內，更理想為25分鐘以內，更加理想為20分鐘以內。下限未特別限定，但可為1分鐘左右。

【0088】在熱壓步驟中，可以層積一片或複數片前述膨脹性層前驅體來進行熱壓，例如，因應膨脹性層前驅體

之基重或所希望的膨脹性層的厚度等，理想的條件不同，但從調整強化纖維的彎曲度的觀點來看，也可以對複數片(例如2~100片，理想為3~50片)重疊前述膨脹性層前驅體而成的多層體進行熱壓。

【0089】另外，為了調整獲得的膨脹性層的厚度、密度，適宜設定強化纖維的種類、施加的壓力等。且，獲得的膨脹性層的形狀也未特別限制，能適宜設定。因應目的，亦可層積複數片規格不同的混合不織布等，或者將規格不同的混合不織布等分別配置在一定大小的模具中，進行熱壓。

【0090】在冷卻步驟中，在施加熱壓步驟中的壓力的狀態下，冷卻至較熱可塑性樹脂的熔點或軟化點低的溫度，藉此，能夠獲得具有預定形狀的膨脹性層。藉由在施加壓力的狀態下進行冷卻，如上述般，能夠保持在熱壓步驟中調整為特定的彎曲度的強化纖維的狀態，可獲得特定量存在具有特定的彎曲度的強化纖維之膨脹性層。在冷卻步驟中，亦可與熱壓步驟同樣地，藉由具有壓力分散機構的沖壓裝置對膨脹性層前驅體施加壓力。

【0091】絕緣薄片亦可分別製造絕緣層與膨脹性層，利用熔接或接著劑將該等一體化而製造。或者，可將絕緣層與膨脹性層前驅體重疊，如後述般，在形成膨脹性層的過程中與絕緣層一體化而製造絕緣薄片。

【0092】例如在絕緣層以熱可塑性樹脂構成的情況，在熱壓步驟，藉由將絕緣層與膨脹性層熔融而一體化，能

夠製造絕緣薄片。在該情況，熱壓步驟中的加熱溫度，理想為形成絕緣層的熱可塑性樹脂在熱壓步驟中不過度流動的溫度。例如，在形成絕緣層的熱可塑性樹脂為非晶性樹脂的情況，加熱溫度以軟化點 T_i 為基準，可為 $(T_i+50)^\circ\text{C}$ 以下，理想為 $(T_i+40)^\circ\text{C}$ 以下，更理想為 $(T_i+30)^\circ\text{C}$ 以下。另外，在形成絕緣層的熱可塑性樹脂為結晶性樹脂的情況，以熔點 T_i 為基準，可未滿 $T_i^\circ\text{C}$ ，理想為 $(T_i-20)^\circ\text{C}$ 以下，更理想為 $(T_i-40)^\circ\text{C}$ 以下，作為下限值可為 $(T_i-60)^\circ\text{C}$ 以上。在存在複數個絕緣層的情況，作為基準的 T_i 可利用最低溫的絕緣層的值。

【0093】 當膨脹性層與絕緣層藉由熔接而一體化時，由熱可塑性樹脂構成有絕緣層之絕緣薄片，在與由絕緣層的厚度及膨脹性前驅體計算出的膨脹性層的理论厚度之和相比的情況，設定熱壓步驟的條件，以增大絕緣片的厚度為佳。由膨脹性前驅體算出的膨脹性層的理论厚度可如以下的方式算出。算出空隙層的真密度(=強化纖維的體積比率×強化纖維的密度+熱可塑性樹脂的體積比率×熱可塑性樹脂的密度)。又，如下述的式子所示，藉由膨脹性層的基重除以真密度，可算出理论厚度。

理论厚度=膨脹性層的基重/空隙層的真密度

【0094】 另外，在以熱可塑性樹脂構成絕緣層的情況，絕緣層可在與膨脹性層之界面具有滲透層。滲透層是藉由膨脹性層中使用的強化纖維的一部分侵入絕緣層而形成之層，在形成絕緣薄片時的熱壓步驟中，藉由絕緣層中

的熱可塑性樹脂流動而形成。滲透層的厚度可以藉由從絕緣層與膨脹性層的界面到在絕緣層中強化纖維最進入的部位之距離來掌握。

【0095】例如，圖8及圖9分別顯示實施例11及比較例5中所獲得的絕緣層的放大剖面照片。如圖8及圖9所示，滲透層可藉由從絕緣層與膨脹性層之樹脂界面到最深入到絕緣層側的纖維的上端部的距離來掌握其厚度。在此，絕緣層與膨脹性層的樹脂界面，可從樹脂的外觀把握，在無法從其外觀明確掌握樹脂界面的情況，將存在於膨脹性層中的強化纖維的集團上端的纖維之上端部判斷為絕緣層與膨脹性層的樹脂界面即可。

【0096】滲透層的厚度採用絕緣薄片中的滲透層的厚度之和。滲透層的厚度，例如為 $20\mu\text{m}$ 以下，理想為 $0.5\sim 18\mu\text{m}$ 。若存在有滲透層，則能夠使絕緣層與膨脹性層及空隙層的接著性提升，能夠提高絕緣薄片及絕緣材的一體性。

【0097】絕緣薄片能夠容易地進行折疊加工或彎曲加工，因此，能夠因應插入的空間適宜地變形，例如，在定子芯中配設在槽部的情況，可具有如圖5所示的各種剖面形狀。

【0098】絕緣薄片的平均厚度，可因應填充的空間及用途而設定為各種厚度，例如可從 $0.01\sim 20\text{mm}$ 的大範圍內選擇，但從插入至狹窄的間隙並能夠精度良好地填充間隙的觀點來看，可設定為 $10\sim 1000\mu\text{m}$ ，理想為 $20\sim$

500 μm ，更理想為50～300 μm 。再者，絕緣薄片的平均厚度為藉由後述的實施例所述的方法測定到的值。

【0099】絕緣薄片的基重，可因應填充的空間及用途而設定為各種基重，例如可從10～1000 g/m^2 的大範圍內選擇，但從插入至狹窄的間隙並能夠精度良好地填充間隙的觀點來看，可設定為10～800 g/m^2 ，理想為40～600 g/m^2 ，更理想為50～500 g/m^2 。再者，絕緣薄片的基重為藉由後述的實施例所述的方法測定到的值。

【0100】絕緣薄片的密度，可因應填充的空間及用途而設定為各種密度，例如可從0.10～3.00 g/cm^3 的大範圍內選擇，但從插入至狹窄的間隙並能夠精度良好地填充間隙的觀點來看，可設定為0.50～1.80 g/cm^3 ，理想為0.65～1.70 g/cm^3 ，更理想為0.85～1.60 g/cm^3 。再者，絕緣薄片的密度為藉由後述的實施例所述的方法測定到的值。

【0101】在本發明，從使絕緣薄片膨脹後的絕緣材的力學強度變得良好的觀點來看，絕緣薄片的厚度方向上的膨脹率可為101～400%，理想為120～400%，更理想為130～300%，更加理想為140～250%。再者，厚度方向上的膨脹率是指在無負載下測定，進行加熱直到厚度變化消失為止的膨脹試驗，根據膨脹後的絕薄緣片的厚度與加熱前的絕緣薄片的厚度，以下述的式子(4)表示。

膨脹率(%)=膨脹後的絕緣薄片的厚度(mm)/膨脹前的絕緣薄片的厚度(mm) $\times 100$... (4)

【0102】另外，絕緣薄片可在厚度方向上各向異性地

膨脹，在前述膨脹試驗前後，朝與厚度方向正交的方向上的膨脹或收縮引起的尺寸變化率為-10~10%。與厚度方向正交的方向上的尺寸變化率，在負的情況下表示收縮，在正的情況表示膨脹。朝與厚度方向正交的方向上的尺寸變化率，更理想為-8~8%，更加理想為為-5~5%。例如，絕緣薄片強化纖維定向於面方向，在這樣的結構的情況，能夠縮小朝與厚度方向正交的方向之膨脹或收縮引起的尺寸變化率。再者，絕緣薄片之朝與厚度方向正交的方向之膨脹或收縮引起的尺寸變化率，為藉由後述的實施例所述的方法測定到的值。

【0103】從保證絕緣性的觀點來看，絕緣薄片在前述膨脹試驗後的絕緣擊穿電壓可為40kV/mm以上，理想為45kV/mm以上，更理想為50kV/mm以上。絕緣擊穿電壓越高越佳，但作為上限，可為300kV/mm。

【0104】絕緣薄片在作為對象的導電材為金屬的情況，與金屬的接著性優異者為佳。構成絕緣薄片的樹脂與金屬的接著性，可藉由根據剝離該樹脂與金屬之層積狀態時的困難性來判斷，一般而言，如果沒有接著，則兩者在其界面分離，因此，絕緣薄片(或絕緣材)對金屬的接著強度等可藉由習知或慣用的方法來判斷。另外，亦可使用後述的治具作為擠壓負載進行掌握，例如，擠壓負載可為5N以上，理想為10N以上，更理想為15N以上，更加理想為20N以上。擠壓負載的上限未特別限定，但例如可為100N左右。再者，擠壓負載為藉由後述的實施例所述的方法測

定到的值。

【0105】 本發明的絕緣薄片可有效率地製造本發明的絕緣材，本發明的絕緣材不僅可使用前述旋轉電機用途，在將導電材絕緣並且固定的各種用途也被廣泛地利用。作為這樣的用途，例如可以舉出電纜被覆材、電氣配線被覆材等，在本發明的絕緣材中，亦可固定複數個電纜或配線並絕緣。

[實施例]

【0106】 以下，依據實施例更詳細地說明本發明，但，本發明不限於這些實施例。再者，在以下的實施例及比較例，藉由下述的方法測定各種物性。

【0107】

[平均纖維長度]

針對隨機選擇的100條纖維，測定其纖維長度，將測定值的平均值作為平均纖維長度。

【0108】

[平均纖維徑]

針對隨機選擇的30條纖維，藉由顯微鏡觀察，測定其纖維徑，將測定值的平均值作為平均纖維徑。

【0109】

[熱可塑性樹脂的軟化點(玻璃轉移溫度)]

樣品之玻璃轉移溫度，使用流變學公司製造的固體動態黏彈性裝置「流變譜DVE-V4」，以頻率10Hz、升溫速

度 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 測定損耗角正切 ($\tan \delta$) 的溫度相依性，根據其峰值溫度求出。在此， $\tan \delta$ 的峰值溫度是指 $\tan \delta$ 的值相對於溫度的變化量的第 1 次微分值為零的溫度。再者，在存在複數個峰值溫度的情況，將存在於更高溫側的峰值溫度作為熱可塑性樹脂的玻璃轉移溫度。

【0110】

[熱可塑性樹脂的熔點]

樣品的熔點，使用美特勒公司製造的「TA3000-DSC」，在氮氣環境下，藉由以升溫速度 $10^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 升溫至 350°C 進行測定，將觀察到的熔融峰的峰值溫度作為熔點 ($^{\circ}\text{C}$)。

【0111】

[全強化纖維對膨脹性層全體之含有率]

參照 JIS K 7075「碳纖維強化塑膠的纖維含有率及空洞率試驗」，以體積%及重量%雙方，算出絕緣薄片中之全強化纖維對膨脹性層全體的含有率。

【0112】

[熱可塑性樹脂對膨脹性層全體之含有率]

熱可塑性樹脂的含有率為將全部強化纖維的含有率作為將全體的比例除以 100% 的值來算出。

【0113】

[絕緣薄片、膨脹性層前驅體、膨脹性層、空隙層的基重]

將縱向 250mm、橫向 250mm 的絕緣薄片、膨脹性層前驅體、空隙層的樣品切成縱向 50mm、橫向 15mm 的 80 個小

片，測量全部小片的重量(g)，算出基重(g/m^2)，再將全部小片的基重的平均值設為各樣品的平均基重(g/m^2)。再者，關於空隙層，可利用膨脹性層前驅體，亦可將從絕緣層分離者作為樣品加以利用。再者，膨脹性層的基重，藉由從絕緣薄片去除「絕緣層後的樣品進行測定。但，滲透層厚且不易去除的情況，作為膨脹性層前驅體的基重。

【0114】

[絕緣薄片、絕緣材的厚度]

將縱向250mm、橫向250mm絕緣薄片樣品切成80個縱向50mm×橫15mm的小片，各小片的中央厚度(μm)用測微計測量，將全部小片厚度的平均值設為絕緣薄片的平均厚度(μm)。另外，對於絕緣材，也同樣地使用切出的樣品片，設為絕緣材的平均厚度(μm)。

【0115】

[絕緣材中的絕緣層及空隙層的厚度]

使用掃描型電子顯微鏡(JEOL製JSM-5300)，觀察在剖面方向切斷的絕緣材的剖面，測定絕緣材、絕緣材中的絕緣層、及空隙層的厚度(μm)。

【0116】

[絕緣薄片中的絕緣層、滲透層及膨脹性層的厚度]

使用掃描型電子顯微鏡(JEOL製JSM-5300)，觀察在剖面方向切斷的絕緣材的剖面，測定絕緣薄片、絕緣薄片中的絕緣層、滲透層及膨脹性層的厚度(μm)。再者，滲透層的厚度在觀察絕緣薄片的切斷面時，針對於在膨脹性層中

使用的強化纖維中藉由熱壓與絕緣層一體化而侵入絕緣層中的內部的強化纖維，判斷作為從絕緣層與膨脹性層的界面到與在絕緣層中強化纖維最進入的部位之距離。

【0117】

[絕緣薄片的密度]

絕緣薄片的密度是將絕緣薄片樣品切成縱向50mm、橫向15mm，測量其厚度(cm)與重量(g)，再以下述的式子算出。

$$\text{密度 (g/cm}^3\text{)} = \text{重量 (g)} / (\text{厚度 (cm)} \times 7.5 (\text{cm}^2))$$

【0118】

[膨脹性層的密度]

膨脹性層的密度(g/cm³)，作為膨脹性層的基重(g/m²)/厚度(μm)加以算出。

【0119】

[彎曲度]

將絕緣薄片樣品切成縱向50mm、橫向15mm，藉由下述順序將在下述條件下進行X射線CT測定所獲得的圖像行圖像分析，測定彎曲度。

<X射線CT測定條件>

測定裝置：Xradia 520 Versa(蔡司公司製)

X射線標靶：鎢

X射線管電壓：100kV

輸出：9W

物鏡：4X

像素尺寸：1 μ m/pix

像素重合(binning)：1

攝像張數：3201張

曝光時間：6秒/張

【0120】

<圖像解析條件>

影像分析軟體：將藉由Avizo(熱電聯產公司製造)進行X射線CT測定所獲得的絕緣薄片樣品之三維圖像在影像分析軟體上，在以形成為0.40mm \times 0.40mm \times 總厚度的方式剪切圖像後，可因應需要，藉由NON-LOCAL Filter功能去除雜訊。NON-LOCAL Filter功能設定為以下條件。

Spatial Standard Deviation值：5

Intensity Standard Deviation值：0.2

Search window值：10

Local Neighborhood值：3

然後，利用Interactive Thresholding功能進行二元化，選取所有的纖維。

【0121】對於將圖像剪切成前述0.40mm \times 0.40mm \times 總厚度之數據，或者藉由NON-LOCAL Filter處理進行雜訊去除的數據，使用Fiber跟踪功能，選取具有符合以下的設定條件的直徑之纖維。

Cylinder Correlation之Cylinder length值：纖維直徑的2.5~3.5倍之間的任意值

Angular Sampling值：5

Mask Cylinder Radius值：纖維半徑+1～纖維半徑+13
之間的任意值

Outer Cylinder Radius值：纖維半徑

Inner Cylinder Radius值：0

Trace Correlation Lines之Direction

Coefficient值：0.1～0.5

Minimum Distance值：纖維半徑～纖維直徑之間的任意值

【0122】將取出的各纖維的「Tortuosity」作為彎曲度。算出相對於選取的全部強化纖維所佔體積之彎曲度為1.004以上的強化纖維的體積含有率(vol%)。將其作為表1及3中的「強化纖維中的彎曲度1.004以上的纖維的比例」。

【0123】[參照JIS K 7075「碳纖維強化塑膠纖維的含有率及空洞率試驗」所算出之相對於絕緣薄片中的膨脹性層全體體積之全部強化纖維的體積含有率]乘以[相對於全部強化纖維所佔體積的彎曲度為1.004以上的強化纖維的體積含有率]，藉此，算出相對於絕緣薄片全體的體積之彎曲度為1.004以上的強化纖維的體積含有率(vol%)。將其設為相對於絕緣薄片中的膨脹性層全體的體積之彎曲度為1.004以上的強化纖維的體積含有率，亦即，表1及3中的「膨脹性層中的彎曲度為1.004以上的纖維的比例」。

【0124】使用獲得的纖維的各彎曲度的數據，藉由下

述的式子，算出平均彎曲度。

平均彎曲度=取得的各纖維的彎曲度之總和/取出的纖維根數

【0125】

[膨脹性評價]

將實施例及比較例中獲得的絕緣薄片放入設定為熱可塑性樹脂的軟化點以上的預定溫度之送風恆溫恆溫器(大和科學(股)公司製溫度「DN411H」)中，在無負載下加熱10分鐘後，取出並冷卻至25℃。然後，測定膨脹後的樣品的平均厚度，由加熱前後的樣品之平均厚度，使用下述的式子測定最大膨脹率(%)。

最大膨脹率(%)=膨脹後的絕緣材的平均厚度(μm)/膨脹前的絕緣薄片的厚度(μm)×100

【0126】

[朝與厚度方向正交的方向之尺寸變化率]

對於在無負載下的膨脹率的測量中所使用的膨脹後樣品，測量面方向的尺寸，藉由下述的式子算出尺寸變化率。

尺寸變化率(%)=(膨脹後面積(cm²)-膨脹前面積(cm²))/膨脹前面積(cm²)×100

【0127】

[彎曲度的釋放率]

藉由與前述絕緣薄片中的強化纖維之平均彎曲度相同的算出方法，算出膨脹後樣品中的強化纖維之平均彎曲度

Y，再藉由以下的式子算出彎曲度的釋放率(%)。

$$\text{彎曲度的釋放率(\%)} = [(A-1)-(B-1)] / (A-1) \times 100$$

(式子中，A：膨脹前的絕緣薄片中的強化纖維之平均彎曲度、B：膨脹後的絕緣薄片中的強化纖維之平均彎曲度)

【0128】

[擠壓負載]

擠壓負載試驗用樣品藉由下述順序製作。圖6A係用來說明擠壓負載試驗用樣品的製作之示意立體圖，圖6B係用來說明擠壓負載試驗用樣品的製作之示意剖面圖。

(1)將實施例及比較例所獲得的絕緣薄片切出為長度50mm、寬度15mm，製作絕緣薄片樣品。

(2)準備縱向20mm、橫向20mm、厚度2.15mm、長度100mm的中空角材(大)42a和橫向15mm、厚度1.5mm、長度100mm的中空角材(小)42b。在此，中空角材(小)42b係當將中空角材(小)42b插入中空角材(大)42a時，在各實施例及比較例中準備具有中空角材(大)42a的內側側面與中空角材(小)42b的外側側面之間隙成為預定的高度的縱向尺寸之中空角材(小)。亦即，中空角材(小)42b的縱向尺寸調整為(中空角材(大)42a的內側縱向尺寸(15.7mm)-間隙高度 $h \times 2$)。

(3)如圖6A所示，在將中空角材(小)42b沿著長度方向朝中空角材(大)42a中插入50mm的狀態下，如圖6B所示，在中空角材(大)42a的內側側面與中空角材(小)42b的外側

側面之間間隙的2個部位，分別各插入1片絕緣薄片樣品30，再將其置入設定為280℃的送風恆溫恆溫器(大和科學(股)公司製的「DN411H」)中加熱20分鐘後，取出並冷卻至25℃，藉此，使絕緣薄片中的膨脹性層膨脹並固定。

【0129】對於所獲得的擠壓負載試驗用樣品，使用萬能試驗機(島津製作所製「AG-2000A」)，以壓縮速度2mm/min，僅對中空角材(小)在長度方向施加負載，擠壓中空角材(小)，將開始產生偏差時的負載作為擠壓負載(N)。

【0130】

[填充後膨脹率]

藉由下述的式子，算出填充後膨脹率(%)。再者，在間隙的高度全部被填滿並完全填充的情況，填充後的絕緣材的平均厚度成為各間隙的高度。

填充後膨脹率(%)=填充後的絕緣材的平均厚度(μm)/絕緣薄片的平均厚度(μm)×100

【0131】

[充填後空隙率]

在絕緣材，藉由剖面觀察，分別測定絕緣層與空隙層的厚度。空隙層的基重(g/m²)除以空隙層的厚度(μm)，算出空隙層的體積密度(g/cm³)。其次，算出空隙層的真密度(=強化纖維的體積比率×強化纖維的密度+熱可塑性樹脂的體積比率×熱可塑性樹脂的密度)。然後，從下述的式子算出空隙率。

空隙率(%)=(1-空隙層的體積密度/空隙層的真密度)×100

【 0132】

[空隙率]

在絕緣材，藉由剖面觀察，分別測定絕緣層與空隙層的厚度。空隙層的基重(g/m²)除以空隙層的厚度(μm)，算出空隙層的體積密度(g/cm³)。其次，算出空隙層的真密度(=強化纖維的體積比率×強化纖維的密度+熱可塑性樹脂的體積比率×熱可塑性樹脂的密度)。然後，從下述的式子算出空隙率。

空隙率(%)=(1-空隙層的體積密度/空隙層的真密度)×100

另外，在算出空隙層的真密度時，對於從絕緣材的絕緣層分離的空隙層，亦可將利用比重計測定的比重作為真密度使用。

【 0133】

[絕緣擊穿電壓]

參照JIS C 2110「固體電性絕緣材-絕緣擊穿的強度之試驗方法-」，測定在無負載下膨脹的樣品之絕緣擊穿電壓(kV)。另外，將該值除以樣品的厚度，算出每厚度之絕緣擊穿電壓(kV/mm)。

【 0134】

[在膨脹前後的絕緣層的E'之保持率]

形成絕緣層的熱可塑性樹脂的E'使用動態黏彈性裝置「EPLEXOR」，以頻率1Hz、升溫速度2℃/min測定儲藏彈性率(E')的溫度相依性，藉由讀取室溫(25℃)與空隙

層的樹脂的軟化點(T_g)的 E' ，算出保持率。

保持率(%)= E'_{T_g} (空隙層的樹脂的軟化溫度)/ E'_{25} (室溫) $\times 100$

【0135】

[參考例1](聚醚醯亞胺纖維的製造)

將聚醚醯亞胺(以下有簡稱為PEI的情況)系聚合物(由賽比克創新塑膠製的「ULTEM9001」)在 150°C 下真空乾燥12小時。將前述PEI系聚合物在紡絲頭溫度 390°C 、紡絲速度 $1500\text{m}/\text{min}$ 、吐出量 $50\text{g}/\text{min}$ 的條件下從圓孔噴嘴吐出，製作 $2640\text{dtex}/1200\text{f}$ 的PEI纖維的複絲。將所獲得的複絲切成 15mm ，製作PEI纖維的短纖維。所獲得的纖維的外觀沒有起毛等且良好，單纖維纖維度為 2.2dtex ，平均纖維長度為 15.0mm ，玻璃轉移溫度(非晶性熱可塑性樹脂中的軟化點)為 217°C ，密度為 $1.27\text{g}/\text{cm}^3$ 。

【0136】

[參考例2](PET系黏結纖維的製造)

使用聚合反應裝置，藉由常規方法在 280°C 下進行聚縮合反應，製造由作為二羧酸成分之對苯二甲酸與間苯二甲酸共聚比例(莫爾比)為 $70/30$ 、作為二醇成分之乙二醇 100 莫爾%構成之PET聚合物，其固有黏度(η)為 0.81 。所獲得的聚合物從聚合裝置底部以繩股狀向水中擠出，切成顆粒。將所獲得的PET系聚合物供給到在 270°C 下被加熱的同方向旋轉型的通氣式2軸擠出機，經過2分鐘的滯留時間後，引導到被加熱到 280°C 的紡絲頭，在吐出量 $45\text{g}/\text{分鐘}$

的條件下從圓孔噴嘴吐出，再以1200m/min的紡絲速度進行拉伸，藉此製作由2640dtex/1200f的PET系聚合物構成的複絲。其次，將所獲得的纖維切成5mm。所獲得的纖維的外觀沒有起毛等且良好，單纖維纖度為2.2dtex，平均纖維長度為5mm，密度為1.38g/cm³。

【0137】

[參考例3](聚碳酸酯纖維的製造)

將非晶性樹脂之聚碳酸酯(以下有簡稱為PC的情況)系聚合物(三菱工程塑膠製「尤皮隆(Iupilon)®S-3000」)在120°C下進行6小時的真空乾燥。將前述PC系聚合物在紡絲頭溫度300°C、紡絲速度1500m/min、吐出量50g/min的條件下從圓孔噴嘴吐出，製作2640dtex/1200f的PC纖維的複絲。將所獲得的複絲切成15mm，製作PC纖維的短纖維。所獲得的纖維的外觀沒有起毛等且良好，單纖維纖度為2.2dtex，平均纖維長度為15.0mm，玻璃轉移溫度(非晶性熱可塑性樹脂中的軟化點)為150°C，比重為1.2g/cm³。

【0138】

[參考例4](聚丙烯纖維的製造)

將聚丙烯聚合物(Primepolymer(股)製「Y-2005GP」，以下有簡稱為PP的情況；熔點161°C)在50°C下真空乾燥12小時。將前述聚合物在紡絲頭溫度240°C、紡絲速度400m/min、吐出量24g/min的條件下從圓孔噴嘴吐出，製作146dtex/24f的PP纖維的複絲。將所獲得的複絲切成15mm，製作PP纖維的短纖維。所獲得的纖維的外觀沒有

起毛等且良好，單纖維纖度為6.1dtex，平均纖維長度為15.0mm、熔點為165℃、比重為0.9g/cm³。

【0139】

[參考例5](脂肪族聚醯胺纖維的製造)

將結晶性熱可塑性樹脂之聚醯胺6系聚合物(宇部興產製「UBE耐綸1015B」、以下有簡稱為PA6的情況；熔點225℃)在80℃下真空乾燥12小時。將前述聚合物在紡絲頭溫度290℃、紡絲速度3000m/min、吐出量50g/min的條件下從圓孔噴嘴吐出，製作2640dtex/1200f的PA6纖維的複絲。將所獲得的複絲切成15mm，製作PA6纖維的短纖維。所獲得的纖維的外觀沒有起毛等且良好，單纖維纖度為2.2dtex，平均纖維長度為15.0mm、熔點為225℃、比重為1.14g/cm³。

【0140】

[參考例6](增黏劑的調製)

向2L的水中添加2g的棕櫚醇(明成化學工業製)，攪拌至完全溶解，藉此調整增黏劑。

【0141】

[參考例7](分散劑的調製)

將3.75g的烷氧基CP-B1(明成化學工業製)溶解於2L的水中的物質與3.75g的脈衝群(Pulset)HA(明成化學工業製)溶解於2L的水中的物質分別調整作為分散劑。將各分散劑各20mL添加到漿料中來使用。

【0142】

[實施例 1]**(膨脹性層的製作)**

將作為熱可塑性纖維之 PEI 纖維 50wt%、作為強化纖維之切割長度為 13mm 的玻璃纖維(日本電氣硝子製：平均纖維徑 10.5 μm 、比重 2.54g/cm³)45wt%、以及作為黏結纖維之 PET 系黏結纖維 5wt% 投入到水 1.5L、分散劑 40mL 中，再使用離解機以 540rpm 攪拌 1500 次，調製漿料。在所獲得的漿料添加增黏劑 60~80mL，再藉由濕式氧化法，獲得基重 35g/m² 的膨脹性層前驅體。

【0143】**(絕緣薄片的製作)**

將獲得的膨脹性層前驅體各 1 張以市面販賣的 PEI 薄膜(三菱化學(股)製、SuperioUT F 型 厚度 100 μm 、軟化點(Ti)217 $^{\circ}\text{C}$)作為絕緣層而為膨脹性前驅體/PEI 薄膜/膨脹性前驅體的方式層積，使用試驗壓力機(北川精機製「KVHC-II」)，一邊相對於層積方向用 5MPa 加壓，一邊在 240 $^{\circ}\text{C}$ 下加熱 5 分鐘並熱壓接後，在維持加壓的狀態下冷卻至室溫，製作絕緣薄片。所獲得的絕緣薄片的厚度為 148 μm 。

【0144】**(絕緣材的製作)**

將所獲得的絕緣薄片放入設定為熱可塑性樹脂的軟化點以上的 260 $^{\circ}\text{C}$ 之送風恆溫恆溫器(大和科學(股)公司製溫度「DN411H」)中，加熱 10 分鐘後，取出並冷卻至 25 $^{\circ}\text{C}$ ，

獲得絕緣材。所獲得的絕緣材的厚度為 $219\mu\text{m}$ 。針對所獲得的絕緣材，進行各種評價，將評價結果顯示於表1及表2。再者，膨脹性評價之送風恆溫恆溫器的設定溫度為 260°C ，製作擠壓負載試驗用樣品時的送風恆溫恆溫器的設定溫度為 280°C ，將擠壓負載試驗用樣品的間隙高度 h 設為 $200\mu\text{m}$ 。

【0145】

[實施例2]

在絕緣薄片的製作步驟中，以市面販賣的液晶聚酯薄膜((股)Kuraray公司製、向量CTF厚度 $100\mu\text{m}$ 、熔點(Ti) 280°C)作為絕緣層以外，其餘與實施例1同樣，藉此獲得絕緣材。所獲得的絕緣薄片的厚度為 $158\mu\text{m}$ 、絕緣材的厚度為 $249\mu\text{m}$ 。針對所獲得的絕緣材，與實施例1同樣地進行評價，將評價結果顯示於表1及表2。

【0146】

[實施例3]

在膨脹性前驅體的製作步驟中，將玻璃纖維切成 13mm 長度的碳纖維(東邦Tenax製：平均纖維徑 $7\mu\text{m}$ 、比重 $1.82\text{g}/\text{cm}^3$)以外，其餘與實施例1同樣，藉此獲得絕緣材。所獲得的絕緣薄片的厚度為 $151\mu\text{m}$ 、絕緣材的厚度為 $239\mu\text{m}$ 。針對所獲得的絕緣材，與實施例1同樣地進行評價，將評價結果顯示於表1及表2。

【0147】

[實施例4]

在膨脹性前驅體的製作步驟中，除將熱可塑性纖維設為PC纖維以外，其餘與實施例1同樣，藉此獲得絕緣薄片。所獲得的絕緣薄片的厚度為 $156\mu\text{m}$ 。然後，將所獲得的絕緣薄片放入設定為熱可塑性樹脂的軟化點以上的 190°C 之送風恆溫恆溫器(大和科學(股)公司製溫度「DN411H」)中，加熱10分鐘後，取出並冷卻至 25°C ，獲得絕緣材。所獲得的絕緣材的厚度為 $230\mu\text{m}$ 。針對所獲得的絕緣材，與實施例1同樣地進行評價，將評價結果顯示於表1及表2。再者，膨脹性評價之送風恆溫恆溫器的設定溫度為 190°C ，製作擠壓負載試驗用樣品時的送風恆溫恆溫器的設定溫度為 210°C ，將擠壓負載試驗用樣品的間隙高度 h 設為 $200\mu\text{m}$ 。

【0148】

[實施例5]

將作為熱可塑性纖維之PEI纖維50wt%、作為強化纖維之切割長度為13mm的玻璃纖維(日本電氣硝子製：平均纖維徑 $10.5\mu\text{m}$ 、比重 $2.54\text{g}/\text{cm}^3$)45wt%、以及作為黏結纖維之PET系黏結纖維5wt%投入到水1.5L、分散劑40mL中，再使用離解機以540rpm攪拌1500次，調製漿料。在所獲得的漿料添加增黏劑60~80mL，再藉由濕式氧化法，獲得基重 $80\text{g}/\text{m}^2$ 的膨脹性層前驅體。將所獲得的混合不織布作為1片單層，使用試驗壓力機(北川精機製「KVHC-II」)，一邊相對於不織布的厚度方向用5MPa加壓，一邊在 240°C 下加熱10分鐘，使熔融的PEI系聚合物及PET系聚合物含

浸於玻璃纖維之間後，在維持加壓的狀態下冷卻至PEI系聚合物的玻璃轉移溫度以下之 150°C ，藉此製作膨脹性層。所獲得的膨脹性層的平均厚度為 $53\mu\text{m}$ 、平均基重為 $80.2\text{g}/\text{m}^2$ 、密度為 $1.51\text{g}/\text{cm}^3$ 。將所獲得的膨脹性層以市面販賣的PEI薄膜(三菱化學(股)製、SuperioUI F型 厚度 $100\mu\text{m}$ 、軟化點(Ti) 217°C)作為絕緣層並成為膨脹性層/PEI薄膜的方式重疊以外，其餘與實施例1同樣，藉此獲得絕緣薄片(膨脹性層/PEI薄膜的層積體)、絕緣材。所獲得的絕緣薄片的厚度為 $153\mu\text{m}$ 、絕緣材的厚度為 $286\mu\text{m}$ 。針對所獲得的絕緣材，與實施例1同樣地進行評價，將評價結果顯示於表1及表2。

【0149】

[實施例6]

在膨脹性前驅體的製作步驟中，除將基重設為 $80\text{g}/\text{m}^2$ 以外，其餘與實施例1同樣，藉此獲得絕緣薄片。所獲得的絕緣薄片的厚度為 $226\mu\text{m}$ 、絕緣材的厚度為 $439\mu\text{m}$ 。針對所獲得的絕緣材，除將擠壓負載試驗用樣品的間隙高度 h 設為 $240\mu\text{m}$ 以外，其餘與實施例1同樣地進行評價，將評價結果顯示於表1及表2。再者，空隙層空隙率/絕緣層厚度(Y/X)藉由擠壓負載試驗用樣品的值進行評價。但，針對絕緣擊穿電壓，由於不易對膨脹後的擠壓負載試驗用樣品測定絕緣擊穿電壓，故，對在無負載下膨脹的樣品評價絕緣擊穿電荷。以下，關於實施例7~14亦相同。

【0150】

[實施例 7]

在絕緣薄片的製作步驟，將絕緣層以市面販賣的 PEI 薄膜(三菱化學(股)製、SuperioUT F型 厚度 $50\mu\text{m}$ 、軟化點(Ti) 217°C)作為絕緣層以外，其餘與實施例 1 同樣，藉此獲得絕緣材。所獲得的絕緣薄片的厚度為 $158\mu\text{m}$ 、絕緣材的厚度為 $249\mu\text{m}$ 。針對所獲得的絕緣材，與實施例 1 同樣地進行評價，將評價結果顯示於表 1 及表 2。

【 0151】**[實施例 8]**

在絕緣薄片的製作步驟，將絕緣層以市面販賣的 PEI 薄膜(三菱化學(股)製、SuperioUT F型 厚度 $200\mu\text{m}$ 、軟化點(Ti) 217°C)作為絕緣層以外，其餘與實施例 1 同樣，藉此獲得絕緣薄片。所獲得的絕緣薄片的厚度為 $245\mu\text{m}$ 、絕緣材的厚度為 $335\mu\text{m}$ 。針對所獲得的絕緣材，除將擠壓負載試驗用樣品的間隙高度 h 設為 $250\mu\text{m}$ 以外，其餘與實施例 1 同樣地進行評價，將評價結果顯示於表 1 及表 2。

【 0152】**[實施例 9]**

在絕緣薄片的製作步驟，將絕緣層以市面販賣的 PEI 薄膜(三菱化學(股)製、SuperioUT F型 厚度 $20\mu\text{m}$ 、軟化點(Ti) 217°C)作為絕緣層以外，其餘與實施例 1 同樣，藉此獲得絕緣薄片。所獲得的絕緣薄片的厚度為 $71\mu\text{m}$ 、絕緣材的厚度為 $124\mu\text{m}$ 。針對所獲得的絕緣材，除將擠壓負載試驗用樣品的間隙高度 h 設為 $100\mu\text{m}$ 以外，其餘與實施例 1 同

樣地進行評價，將評價結果顯示於表1及表2。

【0153】

[實施例10]

(絕緣層的製作)

在絕緣薄片的製作步驟，將市面販賣的PEI薄膜(三菱化學(股)製、SuperioUT F型 厚度 $50\mu\text{m}$ 、軟化點(Ti) 217°C)與玻璃纖維織物(Unitika(股)製，IPC規格1037相當)以成為PEI薄膜/玻璃纖維織物/PEI薄膜的順序層積，使用試驗壓力機(北川精機製「KVHC-II」)，一邊相對於層積方向用 1.5MPa 加壓，一邊在 300°C 下加熱1分鐘並熱壓接後，在維持加壓的狀態下冷卻至室溫，製作絕緣層。所獲得的絕緣層的厚度為 $98\mu\text{m}$ 。

(絕緣薄片的製作)

然後，以與實施例1同樣地獲得絕緣薄片。所獲得的絕緣薄片的厚度為 $144\mu\text{m}$ 、絕緣材的厚度為 $208\mu\text{m}$ 。針對所獲得的絕緣材，與實施例1同樣地進行評價，將評價結果顯示於表1及表2。

【0154】

[實施例11]

將作為熱可塑性纖維之PEI纖維50wt%、作為強化纖維之切割長度為13mm的玻璃纖維(日本電氣硝子製：平均纖維徑 $10.5\mu\text{m}$ 、比重 $2.54\text{g}/\text{cm}^3$)45wt%、以及作為黏結纖維之PET系黏結纖維5wt%投入到水1.5L、分散劑40mL中，

再使用離解機以540rpm攪拌1500次，調製漿料。在所獲得的漿料添加增黏劑60~80mL，再藉由濕式氧化法，獲得基重35g/m²的膨脹性層前驅體。

【0155】將所獲得的混合不織布作為1片單層，使用試驗壓力機(北川精機製「KVHC-II」)，一邊相對於不織布的厚度方向用5MPa加壓，一邊在240℃下加熱10分鐘，使熔融的PEI系聚合物及PET系聚合物含浸於玻璃纖維之間後，在維持加壓的狀態下冷卻至PEI系聚合物的玻璃轉移溫度以下之150℃，藉此製作膨脹性層。所獲得的膨脹性層的平均厚度為53μm、平均基重為80.2g/m²、密度為1.51g/cm³。

【0156】將獲得的膨脹性層以市面販賣的液晶聚酯薄膜(Kuraray公司製、貝克斯塔(Vecstar)CTF厚度100μm、軟化點(Ti)280℃)作為絕緣層而成為膨脹性前驅體/LCP薄膜/膨脹性層的方式層積，使用試驗壓力機(北川精機製「KVHC-II」)，一邊相對於層積方向用5MPa加壓，一邊在240℃下加熱5分鐘並熱壓接後，在維持加壓的狀態下冷卻至室溫，製作絕緣薄片。所獲得的絕緣薄片的厚度為151μm。然後，以與實施例1同樣地獲得絕緣材。所獲得的絕緣材的厚度為181μm。針對所獲得的絕緣材，與實施例1同樣地進行評價，將評價結果顯示於表1及表2。

【0157】

[實施例12]

除將所獲得的膨脹性層在260℃加熱5分鐘並進行熱壓

接以外，其餘與實施例11同樣，製作絕緣薄片、絕緣材。所獲得的絕緣薄片的厚度為 $148\mu\text{m}$ 、絕緣材的厚度為 $166\mu\text{m}$ 。針對所獲得的絕緣材，與實施例1同樣地進行評價，將評價結果顯示於表1及表2。

【0158】

[實施例13]

在膨脹性前驅體的製作步驟中，除將熱可塑性纖維設為PP纖維以外，其餘與實施例2同樣，藉此獲得絕緣薄片。所獲得的絕緣薄片的厚度為 $149\mu\text{m}$ 。然後，將所獲得的絕緣薄片放入設定為構成膨脹性層之熱可塑性樹脂的熔點(T_b : 161°C)以上的 190°C 之送風恆溫恆溫器(大和科學(股)公司製溫度「DN411H」)中，加熱10分鐘後，取出並冷卻至 25°C ，藉此獲得絕緣材。所獲得的絕緣材的厚度為 $203\mu\text{m}$ 。針對所獲得的絕緣材，與實施例1同樣地進行評價，將評價結果顯示於表1及表2。

【0159】

[實施例14]

在膨脹性前驅體的製作步驟中，除將熱可塑性纖維設為PA6纖維以外，其餘與實施例2同樣，藉此獲得絕緣薄片。所獲得的絕緣薄片的厚度為 $145\mu\text{m}$ 。然後，將所獲得的絕緣薄片放入設定為構成膨脹性層之熱可塑性樹脂的熔點(T_b : 225°C)以上的 260°C 之送風恆溫恆溫器(大和科學(股)公司製溫度「DN411H」)中，加熱10分鐘後，取出並冷卻至 25°C ，藉此獲得絕緣材。所獲得的絕緣材的厚度為

222 μm 。針對所獲得的絕緣材，與實施例1同樣地進行評價，將評價結果顯示於表1及表2。

【0160】

[比較例1]

僅使用市面販賣的PEI薄膜(三菱化學(股)製、SuperioUI F型 厚度100 μm 、軟化點(Ti)217 $^{\circ}\text{C}$)獲得絕緣薄片。與實施例1同樣地進行評價，將評價結果顯示於表1及表2。

【0161】

[比較例2]

將作為熱可塑性纖維之PEI纖維50wt%、作為強化纖維之切割長度為13mm的玻璃纖維(日本電氣硝子製：平均纖維徑10.5 μm 、比重2.54g/cm³)45wt%、以及作為黏結纖維之PET系黏結纖維5wt%投入到水1.5L、分散劑40mL中，再使用離解機以540rpm攪拌1500次，調製漿料。在所獲得的漿料添加增黏劑60~80mL，再藉由濕式氧化法，獲得基重80g/m²的膨脹性層前驅體。將所獲得的混合不織布層積3張，使用試驗壓力機(北川精機製「KVHC-II」)，一邊相對於層積方向用5MPa加壓，一邊在240 $^{\circ}\text{C}$ 下加熱10分鐘，使熔融的PEI系聚合物及PET系聚合物含浸於玻璃纖維之間後，在維持加壓的狀態下冷卻至PEI系聚合物的玻璃轉移溫度以下之150 $^{\circ}\text{C}$ ，藉此製作絕緣薄片。所獲得的膨脹性層的平均厚度為176 μm 。將所獲得的絕緣薄片放入設定為熱可塑性樹脂的軟化點以上之預定溫度的送風恆溫

恆溫器(大和科學(股)公司製溫度「DN411H」)中，加熱10分鐘後，取出並冷卻至25°C，獲得絕緣材。絕緣材的厚度為709 μm 。與實施例1同樣地進行評價，將評價結果顯示於表1及表2。

【0162】

[比較例3]

除將基重設為80g/m²以外，其餘與實施例1同樣，藉此獲得膨脹性層前驅體。將獲得的膨脹性層前驅體各1張以市面販賣的液晶聚酯薄膜(Kuraray公司製、貝克斯塔(Vecstar)CTF厚度100 μm 、軟化點(Ti)280°C)作為絕緣層而成為膨脹性前驅體/薄膜的方式層積，使用試驗壓力機(北川精機製「KVHC-II」)，一邊相對於層積方向用5MPa加壓，一邊在300°C下加熱5分鐘並熱壓接後，在維持加壓的狀態下冷卻至室溫，製作絕緣薄片。所獲得的絕緣薄片的厚度為165 μm 、絕緣材的厚度為182 μm 。針對所獲得的絕緣材，與實施例1同樣地進行評價，將評價結果顯示於表1及表2。但，雖與實施例1同樣，將擠壓負載試驗用樣品的間隙高度h設為200 μm ，但由於無法填充，因此不進行擠壓負載試驗。

【0163】

[比較例4]

將絕緣層以市面販賣的PEI薄膜(三菱化學(股)製、SuperioUT F型 厚度100 μm 、軟化點(Ti)217°C)作為絕緣層以外，其餘與比較例3同樣，藉此製作絕緣薄片。所獲得

的絕緣薄片的厚度為 $154\mu\text{m}$ 、絕緣材的厚度為 $182\mu\text{m}$ 。針對所獲得的絕緣材，與實施例1同樣地進行評價，將評價結果顯示於表1及表2。但，雖與實施例1同樣，將擠壓負載試驗用樣品的間隙高度 h 設為 $200\mu\text{m}$ ，但由於無法填充，因此不進行擠壓負載試驗。

【0164】

[比較例5]

除將所獲得的膨脹性層在 300°C 加熱5分鐘並進行熱壓接以外，其餘與實施例11同樣，製作絕緣薄片、絕緣材。所獲得的絕緣薄片的厚度為 $131\mu\text{m}$ 、絕緣材的厚度為 $134\mu\text{m}$ 。由於絕緣層的樹脂流動，膨脹性層的強化纖維的彎曲性降低，其結果，在無負載下加熱時幾乎不會膨脹，因此未進行進一步的評價。

【0165】

[表1]

結構	實施例1		實施例2		實施例3		實施例4		實施例5		比較例1		比較例2		比較例3		比較例4		
	厚度	基重	厚度	基重	厚度	基重	厚度	基重	厚度	基重	厚度	基重	厚度	基重	厚度	基重	厚度	基重	
絕緣薄片	μm	148	158	151	156	153	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	
	g/m ²	197	197	195	190	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208
	g/cm ³	1.33	1.24	1.29	1.22	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
複合溫度	°C	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
絕緣層	種類	PEI	LCP	PEI	PEI	PEI	PEI	PEI	PEI	PEI	PEI	PEI	PEI	PEI	PEI	PEI	PEI	PEI	
	厚度	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
	軟化點或熔點 (T _i)	°C	217	280	217	217	217	217	217	217	217	217	217	217	217	217	217	217	
滲透層	厚度	μm	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	
	平均基重	g/m ²	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	
	厚度	μm	48	58	51	56	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	
特性	密度	g/cm ³	1.46	1.21	1.37	1.25	1.51	1.25	1.51	1.25	1.51	1.25	1.51	1.25	1.51	1.25	1.51	1.25	
	種類	GF	GF	CF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF		
	平均纖維長	mm	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13		
膨脹性層	平均纖維徑	μm	10.5	10.5	7	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5		
	平均彎曲度		1.008	1.009	1.007	1.007	1.008	1.007	1.008	1.007	1.008	1.007	1.008	1.007	1.008	1.007			
	強化纖維中的彎曲度1.004 以上的纖維的比例	vol%	82.3	84.3	80.8	80.1	82.8	80.1	82.8	80.1	82.8	80.1	82.8	80.1	82.8	80.1			
膨脹性層	膨脹性層中的彎曲度1.004 以上的纖維的比例	vol%	19.1	20.3	25.4	21.8	22.5	21.8	22.5	21.8	22.5	21.8	22.5	21.8	22.5	21.8			
	密度	g/cm ³	2.54	2.54	1.82	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54			
	膨脹性層中的強化纖維比率	w%	29	29	37	28	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29			
熱可塑性樹脂	種類	PEI	PEI	PEI	PC	PEI	PC	PEI	PC	PEI	PC	PEI	PC	PEI	PC	PEI	PC		
	軟化點或熔點 (T _b)	°C	217	217	217	150	217	150	217	150	217	150	217	150	217	150			
	熱可塑性樹脂密度	g/cm ³	1.28	1.28	1.28	1.21	1.28	1.21	1.28	1.21	1.28	1.21	1.28	1.21	1.28	1.21			
膨脹性層前驅體	膨脹性層中的熱可塑性樹脂比率	vol%	71	71	63	72	71	72	71	71	71	71	71	71	71	71			
	種類	GF	GF	CF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF			
	密度	g/cm ³	2.54	2.54	1.82	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54				
膨脹性層前驅體	重量比率	w%	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45				
	種類	GF	GF	CF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF					
	密度	g/cm ³	2.54	2.54	1.82	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54					
膨脹性層前驅體	重量比率	w%	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45					
	種類	GF	GF	CF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF					
	密度	g/cm ³	2.54	2.54	1.82	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54						

[表2]

結構	實施例1		實施例2		實施例3		實施例4		實施例5		比較例1		比較例2		比較例3		比較例4			
	實際層空腔率/絕緣層厚度 (Y/X)	厚度 (X)	實際層空腔率/絕緣層厚度 (Y/X)	厚度 (X)	實際層空腔率/絕緣層厚度 (Y/X)	厚度 (X)	實際層空腔率/絕緣層厚度 (Y/X)	厚度 (X)	實際層空腔率/絕緣層厚度 (Y/X)	厚度 (X)	絕緣層	實際層空腔率/絕緣層厚度 (Y/X)	厚度 (X)	絕緣層	實際層空腔率/絕緣層厚度 (Y/X)	厚度 (X)	絕緣層	實際層空腔率/絕緣層厚度 (Y/X)	厚度 (X)	
絕緣層		μm		μm		μm		μm		μm										
絕緣層	絕緣層中的絕緣層的厚度/ 覆合前的絕緣層的厚度	%	絕緣層中的絕緣層的厚度/ 覆合前的絕緣層的厚度	%	絕緣層中的絕緣層的厚度/ 覆合前的絕緣層的厚度	%	絕緣層中的絕緣層的厚度/ 覆合前的絕緣層的厚度	%	絕緣層中的絕緣層的厚度/ 覆合前的絕緣層的厚度	%										
空腔層	空腔率 (Y)	%	空腔率 (Y)	%	空腔率 (Y)	%	空腔率 (Y)	%	空腔率 (Y)	%										
特性	彎曲度的釋放率 (%)	%	彎曲度的釋放率 (%)	%	彎曲度的釋放率 (%)	%	彎曲度的釋放率 (%)	%	彎曲度的釋放率 (%)	%										
	在無負載下的最大膨脹率	%	在無負載下的最大膨脹率	%	在無負載下的最大膨脹率	%	在無負載下的最大膨脹率	%	在無負載下的最大膨脹率	%										
	在無負載下的最大厚度	μm	在無負載下的最大厚度	μm	在無負載下的最大厚度	μm	在無負載下的最大厚度	μm	在無負載下的最大厚度	μm										
	與厚度正交的方向的尺寸變化率	%	與厚度正交的方向的尺寸變化率	%	與厚度正交的方向的尺寸變化率	%	與厚度正交的方向的尺寸變化率	%	與厚度正交的方向的尺寸變化率	%										
	絕緣擊穿電壓	kV/mm	絕緣擊穿電壓	kV/mm	絕緣擊穿電壓	kV/mm	絕緣擊穿電壓	kV/mm	絕緣擊穿電壓	kV/mm										
擠壓負載	N	擠壓負載	N	擠壓負載	N	擠壓負載	N	擠壓負載	N											
充填後膨脹率	%	充填後膨脹率	%	充填後膨脹率	%	充填後膨脹率	%	充填後膨脹率	%											
充填後空腔率	%	充填後空腔率	%	充填後空腔率	%	充填後空腔率	%	充填後空腔率	%											

【0166】表1及2所示，在比較例1，由於不具有膨脹性層，故，絕緣材無法形成藉由膨脹之空隙層。另外，在比較例2，雖有膨脹，但，絕緣擊穿電壓差。另外，關於比較例3及4，也由於膨脹後的絕緣材其達空隙層的空隙率與絕緣層的厚度不在預定的範圍，故，比起實施例，絕緣擊穿電壓差。另一方面，實施例1~5均藉由膨脹形成絕緣材，膨脹後的絕緣材儘管具有空隙，但與比較例2相比，顯示出極大值的絕緣擊穿電壓。特別是無論構成空隙層的熱可塑性樹脂在室溫及軟化溫度下的保持率如何，都顯示出良好的絕緣性。

【0167】

[表3]

結構	實施例6		實施例7		實施例8		實施例9		實施例10		實施例11		實施例12		實施例13		實施例14		
	厚度	基重	密度	複合溫度	厚度	基重	密度	複合溫度	厚度	基重	密度	複合溫度	厚度	基重	密度	複合溫度	厚度	基重	密度
絕緣薄片	μm	226	96	245	71	144	151	148	131	149	145								
	g/m ²	285	128	322	89	194	179	186	106	162	182								
	g/cm ³	1.26	1.33	1.31	1.26	1.35	1.18	1.26	0.81	1.09	1.26								
	°C	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240								
	種類	PEI	PEI	PEI	PEI	GFRTD	LCP	LCP	LCP	LCP	LCP								
	厚度	100	50	200	20	98	100	100	100	100	100								
	軟化點或熔點 (T _g)	°C	217	217	217	217	280	280	280	280	280								
	厚度	μm	2	5	3	4	1	15	9	72	1								
	平均基重	g/m ²	160	70	70	70	70	70	70	70	70								
	厚度	μm	126	46	45	52	46	51	48	31	49								
密度	g/cm ³	1.27	1.52	1.56	1.35	1.52	1.37	1.46	2.26	1.43									
種類	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF									
平均纖維長	mm	13	13	13	13	13	13	13	13	13									
平均纖維徑	μm	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5									
平均彎曲度		1.006	1.008	1.006	1.009	1.008	1.008	1.008	1.003	1.008									
強化纖維中的彎曲度1.004以上的纖維的比例	vol%	80.3	79.2	77.8	85.1	82.3	82.3	82.3	14.5	82.3									
膨脹性層中的彎曲度1.004以上的纖維的比例	vol%	22.3	19.2	18.7	24.8	19.1	19.1	19.1	0.8	19.1									
密度	g/cm ³	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54									
膨脹性層中的強化纖維比率	vol%	29	29	29	29	29	29	29	30	30									
種類	wt%	45	45	45	45	45	45	45	46	46									
軟化點或熔點 (T _g)	°C	217	217	217	217	217	217	217	217	217									
熱可塑性樹脂密度	g/cm ³	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28									
膨脹性層中的熱可塑性樹脂比率	wt%	71	71	71	71	71	71	71	70	70									
種類	wt%	55	55	55	55	55	55	54	54	53									
熱可塑性纖維	密度	g/cm ³	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27									
重量比率	wt%	50	50	50	50	50	50	50	50	50									
熱可塑性纖維	密度	g/cm ³	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38									
重量比率	wt%	5	5	5	5	5	5	5	5	5									
膨脹性層前驅體	密度	g/cm ³	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54									
重量比率	wt%	45	45	45	45	45	45	45	45	45									

[表4]

絕緣材	結構		實施例6	實施例7	實施例8	實施例9	實施例10	實施例11	實施例12	比較例5	實施例13	實施例14	
	空隙層空隙率/絕緣層厚度 (Y/X)	厚度 (X)	空隙層/絕緣層/空隙層										
絕緣層	μm		0.31	1.73	0.08	3.17	0.60	0.68	0.63	-	0.48	0.57	
	%	E Tg/E'25	98	45	197	15	97	85	91	28	99	97	
	%	絕緣材中的絕緣層的厚度/複合前的絕緣層的厚度	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	7.2	7.2	7.2	99	99	
空隙層	%	空隙率 (Y)	98	90	99	75	99	85	91	156	99	97	
	%	彎曲度的釋放率 (%)	31	78	15	48	58	58	58	-	47	55	
特性	%	在無負載下的最大膨脹率	65	78	71	82	74	75	78	-	71	74	
	%	在無負載下的最大厚度	194	241	137	293	144	181	166	102	136	153	
	μm	在無負載下的最大厚度	439	231	335	208	208	273	245	134	203	222	
	%	與厚度正交的方向的尺寸變化率	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-	-0.1	-0.2
	kV/mm	絕緣擊穿電壓	40	45	51	62	58	51	54	54	-	54	53
	N	擠壓負載	131	17	31	21	19	22	19	19	-	5	8
%	充填後膨脹率	106	208	102	141	139	132	135	135	無法填充	134	138	

【0168】另外，如表3及4所示，在比較例5，由於製造絕緣薄片時的複合溫度高，故，構成絕緣層之熱可塑性樹脂會流動，無法提高絕緣薄片中的強化纖維之彎曲度。因此，熱膨脹性差，無法形成藉由膨脹之空隙層。另一方面，在實施例6~14，在良好地膨脹之絕緣材，由於Y/X的值處於預定的範圍，故，膨脹後的絕緣材儘管具有空隙，但與比較例2相比，顯示出極大值的絕緣擊穿電壓。另外，在該等實施例1~14，均可朝厚度方向膨脹，比起形成利用發泡材之空隙層的情況，具有各向異性之膨脹性。且，在任一個實施例中，為了推動都需要力，顯示出對被黏物之接著性。

[產業上的利用可能性]

【0169】本發明的絕緣材，由於不僅將導電材絕緣，亦可固定，故，在各種用途有用。例如，絕緣材作為被使用於旋轉電機之旋轉電機用絕緣材、電纜被覆材、電氣配線被覆材等尤其有用。

【0170】如上所述，雖已參照圖面說明了本發明的理想實施例，但，若為本發明所屬技術領域中具有通常知識者，觀看本說明書，很容易地在顯而易見的範圍內預測到各種變更及修正。因此，該等的變更及修正，亦包含於申請專利範圍內所界定的發明範圍內者。

【0171】本發明以日本國2022年3月8日申請的特願2022-035082作為優先權，參照其全體作為本案的一部分

進行引用。

【符號說明】

【0172】

1,100:旋轉電機

2:定子

3:轉子

4:定子芯

4a:齒

5:強化纖維

6:線圈

8:槽部

10,20:絕緣材

13,23,33:絕緣層

15,25a,25b:空隙層

30:絕緣薄片

35:膨脹性層

42a:中空角材(大)

42b:中空角材(小)

L:纖維長度

L_0 :纖維兩端的最短距離

h:間隙高度

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種絕緣材，係用來將導電材絕緣，其特徵為：

前述絕緣材將前述導電材固定並包含至少1個絕緣層與至少1個空隙層，

前述至少1個空隙層以熱可塑性樹脂與複數個強化纖維構成，在前述複數個強化纖維之間形成有空隙，

絕緣材中的空隙層所具有的空隙率 $Y[\%]$ 、與絕緣材中的絕緣層的厚度 $X[\mu\text{m}]$ 符合下述的式子(1)：

$$0.01 \leq Y/X \leq 4.75 \quad (1)。$$

【請求項2】如請求項1的絕緣材，其中，

前述強化纖維為從由玻璃纖維、液晶聚酯纖維、醯胺纖維及碳纖維構成的群選擇之至少一種。

【請求項3】如請求項1或2的絕緣材，其中，

前述至少1個絕緣層，藉由任意地含有填料材及/或補強纖維之熱可塑性樹脂或熱硬化性樹脂所構成。

【請求項4】如請求項1或2的絕緣材，其中，

前述至少1個前述絕緣層，藉由任意地含有填料材及/或補強纖維之由聚醚醯亞胺、聚對苯二甲酸乙二醇酯、聚萘二甲酸乙二醇酯及液晶聚酯構成的群選擇之至少一種的熱可塑性樹脂所形成。

【請求項5】如請求項1至4項中任一項的絕緣材，其中，

前述至少1個絕緣層是由具有熔點或軟化點 T_i 之熱可

塑性樹脂構成，前述至少1個空隙層是由具有熔點或軟化點 T_b 之熱可塑性樹脂構成，其中， $T_i \geq T_b$ 。

【請求項6】如請求項1至5項中任一項的絕緣材，其中，

構成前述至少1個空隙層之熱可塑性樹脂是從由聚醯醯亞胺、液晶聚酯、聚碳酸酯及苯氧基樹脂構成的群選擇之至少一種。

【請求項7】如請求項1至6項中任一項的絕緣材，其中，其為使用於旋轉電機之旋轉電機用絕緣材。

【請求項8】一種旋轉電機，係在至少一部分包含如請求項7的旋轉電機用絕緣材。

【請求項9】一種旋轉電機，係具有定子，該定子具備沿著周方向交互地具有齒及槽之定子芯；及

裝設於前述定子芯的線圈，

在前述槽的內周面與前述線圈之間具備如請求項7的旋轉電機用絕緣材。

【請求項10】一種絕緣薄片，係至少包含至少1個絕緣層、和至少1個膨脹性層，其特徵為：

前述至少1個膨脹性層是以熱可塑性樹脂與複數個強化纖維構成，前述強化纖維彼此具有複數個交點，至少該交點的一部分以熱可塑性樹脂接著，相對於前述強化纖維全體體積，以下述的式子(2)規定的彎曲度為1.004以上之強化纖維的體積含有率為20vol%以上：

彎曲度=纖維長度/纖維兩端的最短距離... (2)。

【請求項11】如請求項10的絕緣薄片，其中，
對於前述至少1個膨脹性層，相對於該膨脹性層的體積，彎曲度為1.004以上的強化纖維的體積含有率為3～50vol%。

【請求項12】如請求項10或11的絕緣薄片，其中，
前述強化纖維的平均纖維長度為3～100mm。

【請求項13】如請求項10至12中任一項的絕緣薄片，
其中，
前述強化纖維為從由玻璃纖維、液晶聚酯纖維、醯胺纖維及碳纖維構成的群選擇之至少一種。

【請求項14】如請求項10至13中任一項的絕緣薄片，
其中，

在至少一方的表面露出具有與金屬之接著性的樹脂。

【請求項15】如請求項10至14中任一項的絕緣薄片，
其中，

前述具有與金屬之接著性的樹脂，是從由聚醚醯亞胺、液晶聚酯、聚碳酸酯及苯氧基樹脂構成的群選擇之至少一種。

【請求項16】如請求項10至15中任一項的絕緣薄片，
其中，

前述至少1個絕緣層，藉由任意地含有填料材及/或補強纖維之熱可塑性樹脂或熱硬化性樹脂所構成。

【請求項17】如請求項10至15中任一項的絕緣薄片，
其中，

前述至少 1 個前述絕緣層，是藉由任意地含有填料材及 / 或補強纖維之由聚醯醯亞胺、聚對苯二甲酸乙二醇酯、聚萘二甲酸乙二醇酯及液晶聚酯構成的群選擇之至少一種的熱可塑性樹脂所形成。

【請求項 18】如請求項 10 至 17 中任一項的絕緣薄片，其中，

前述至少 1 個絕緣層是由具有熔點或軟化點 T_i 之熱可塑性樹脂構成，前述至少 1 個膨脹性層是由具有熔點或軟化點 T_b 之熱可塑性樹脂構成，其中， $T_i \geq T_b$ 。

【請求項 19】如請求項 10 至 18 中任一項的絕緣薄片，其中，

構成前述至少 1 個膨脹性層之熱可塑性樹脂是從由聚醯醯亞胺、液晶聚酯、聚碳酸酯及苯氧基樹脂構成的群選擇之至少一種。

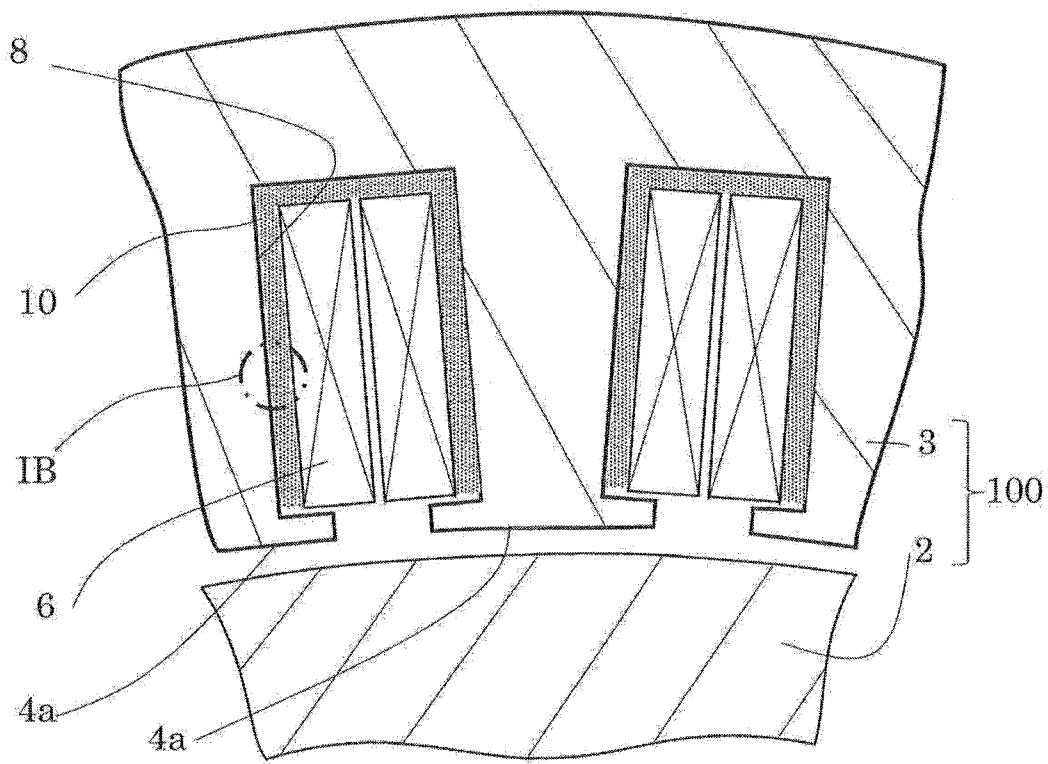
【請求項 20】如請求項 10 至 19 中任一項的絕緣薄片，其中，

前述至少 1 個絕緣層是以熱可塑性樹脂構成，此絕緣層在與膨脹性層之界面具有厚度 $20\mu\text{m}$ 以下的滲透層。

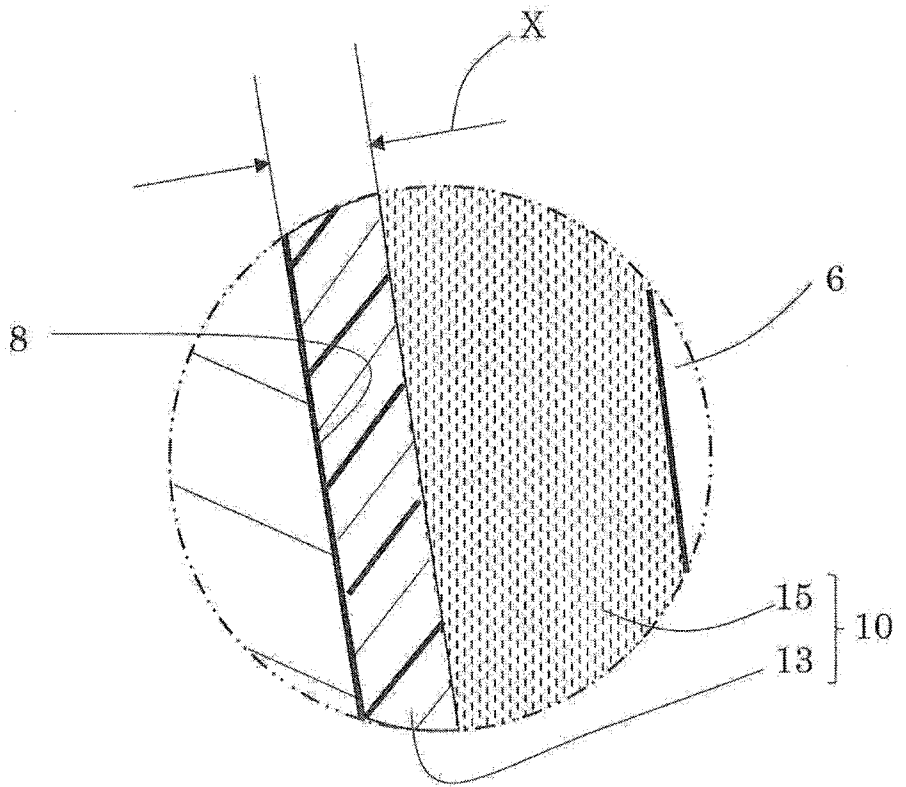
【請求項 21】一種絕緣材的製造方法，係具備：準備如請求項 10 至 20 中任一項的絕緣薄片、及 / 或如請求項 10 至 20 中任一項的絕緣層及膨脹性層各至少 1 層的步驟；及

對形成前述至少 1 個膨脹性層的熱可塑性樹脂加熱至其軟化點或熔點以上，使膨脹性層膨脹，將導電材固定並絕緣之步驟。

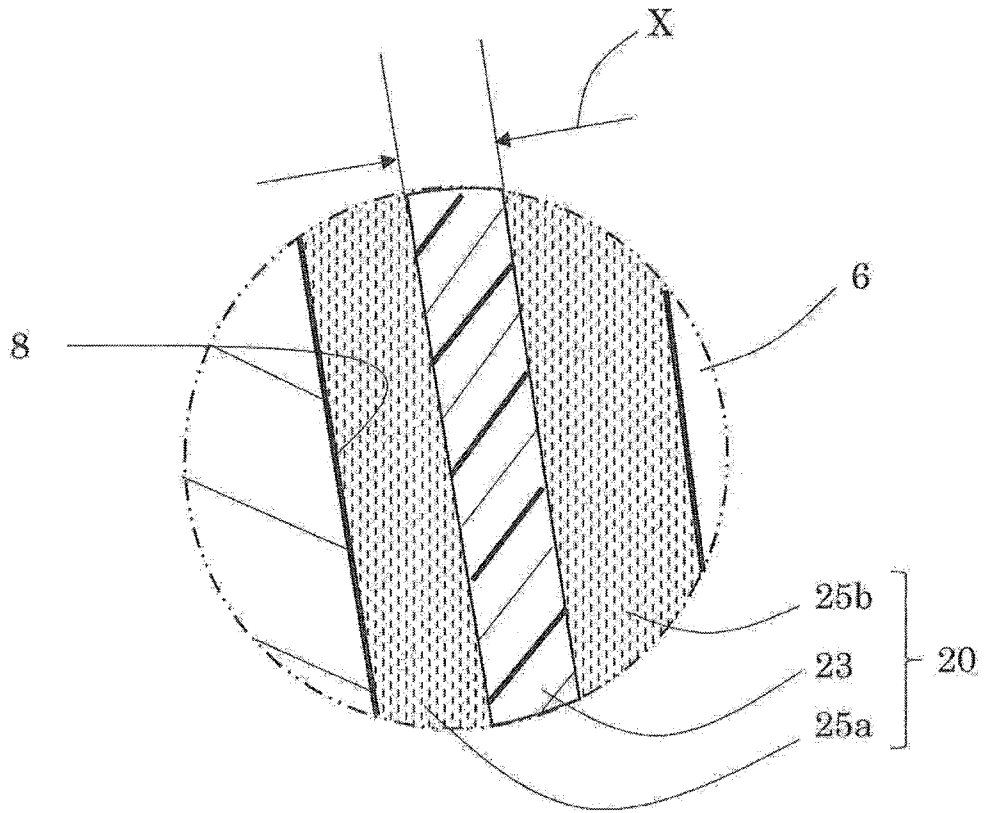
【發明圖式】



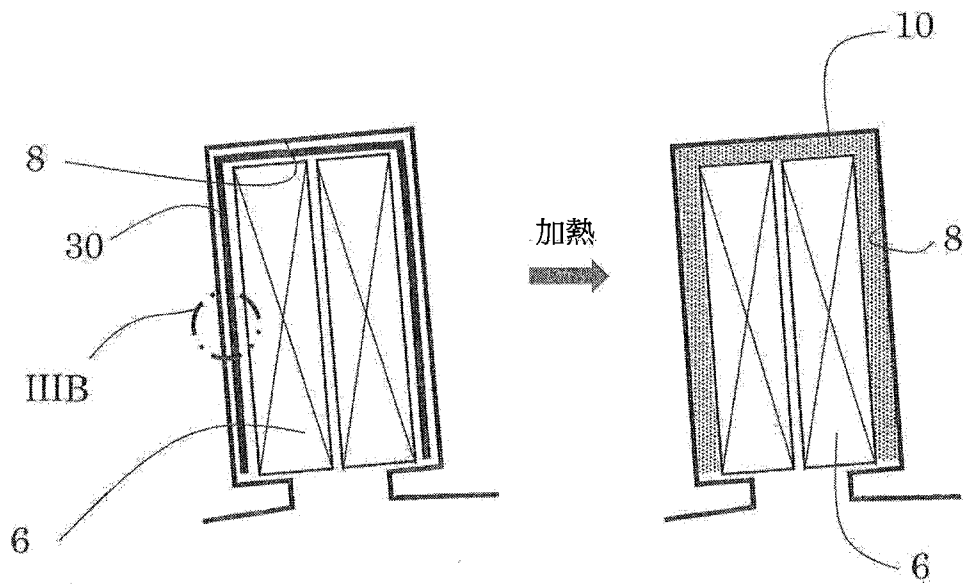
【圖 1A】



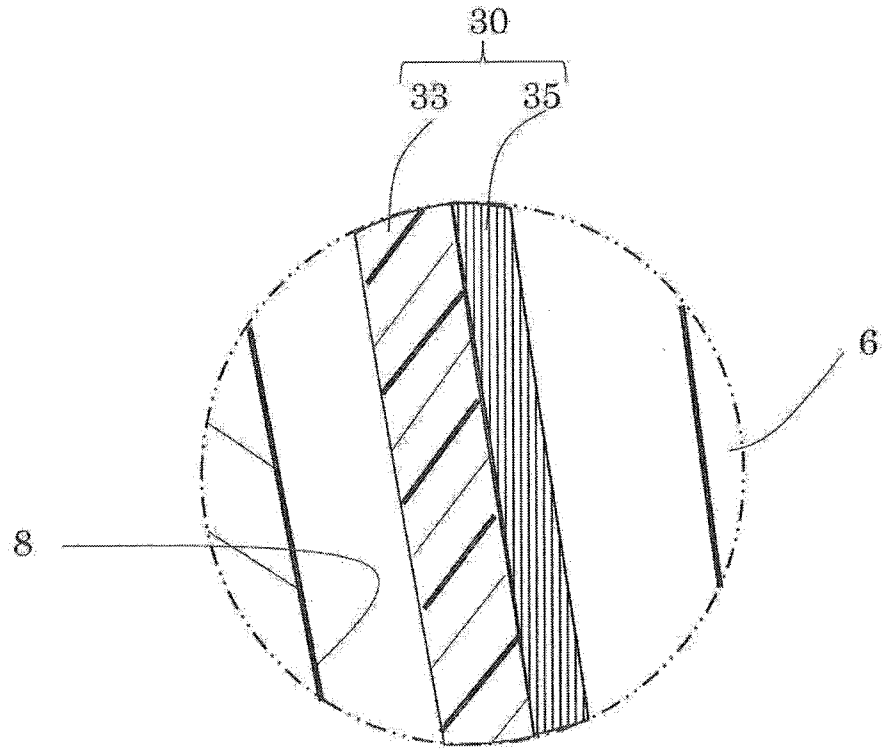
【圖 1B】



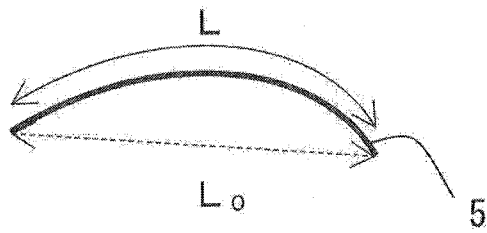
【圖 2】



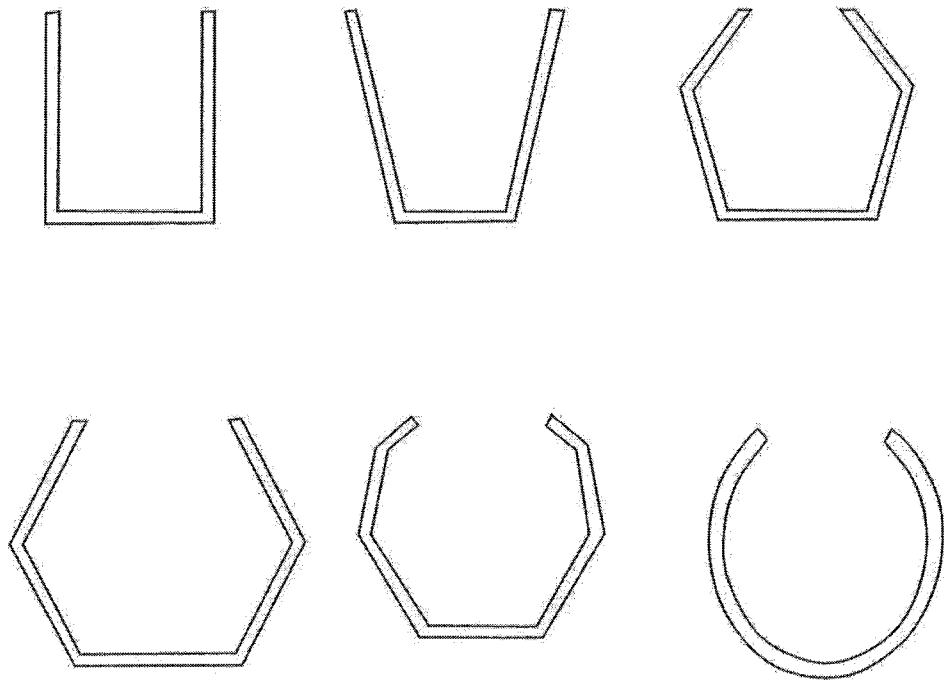
【圖 3A】



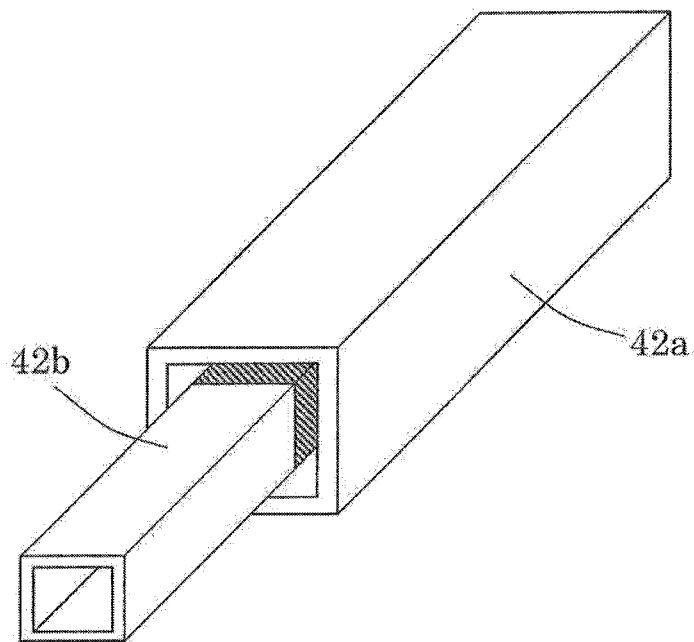
【圖 3B】



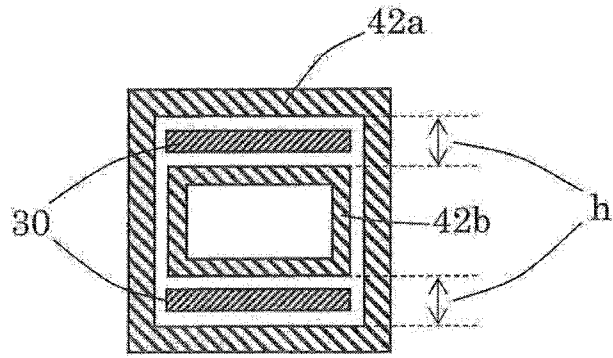
【圖 4】



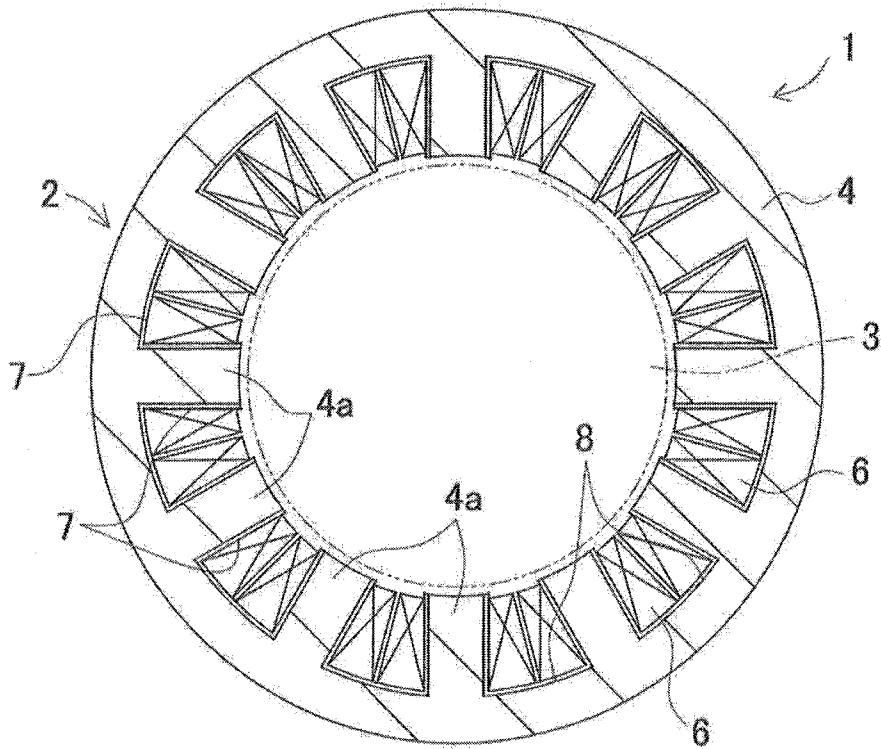
【圖 5】



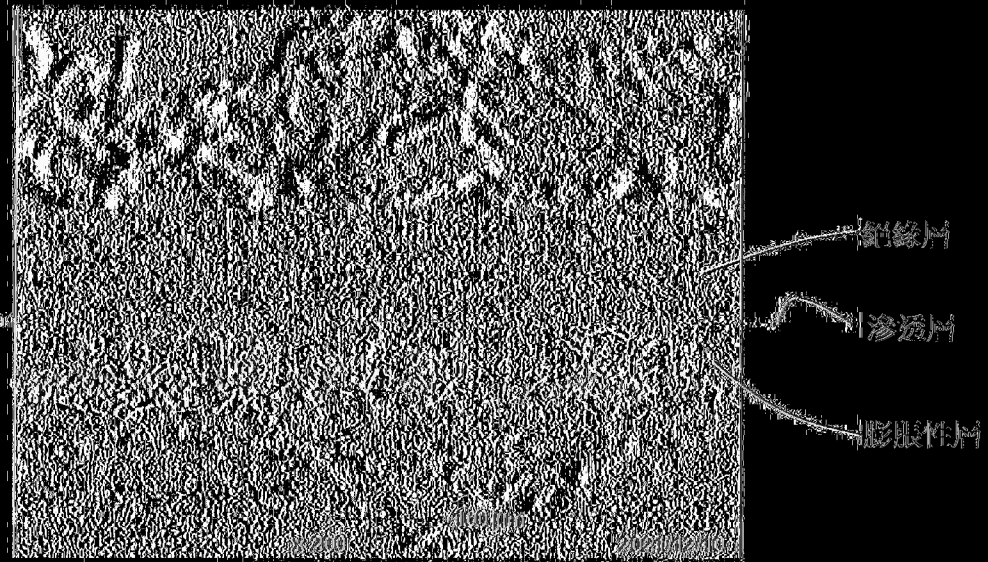
【圖 6A】



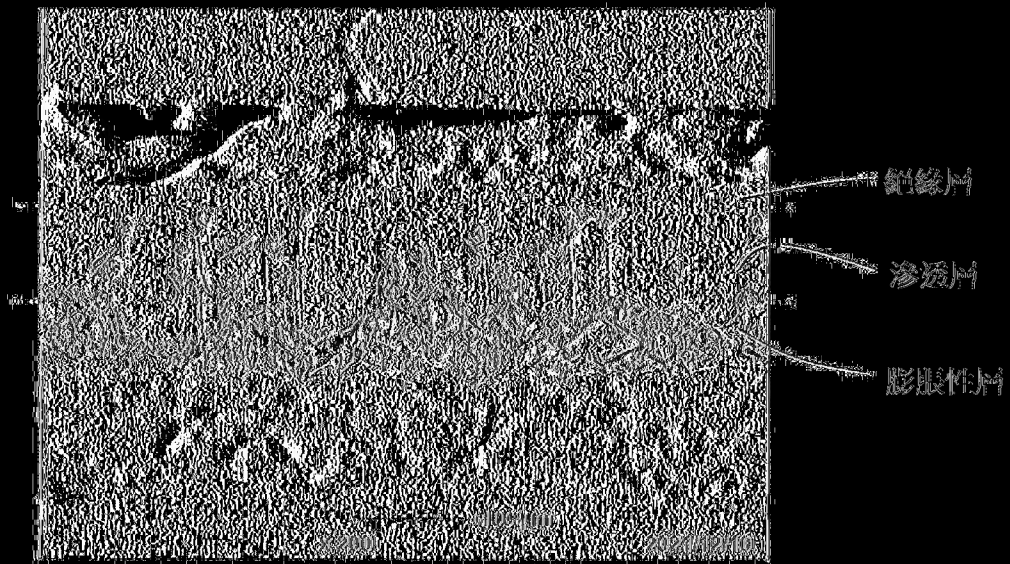
【圖 6B】



【圖 7】



(圖 8)



(圖 9)